

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE MONTES**

PROYECTO FIN DE CARRERA



**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN
DE DOS ESPECIES FORESTALES PRIORIZADAS
PARTICIPATIVAMENTE EN LA
SUB-CUENCA DEL RÍO QUIJOS, PROVINCIA DE
NAPO, ECUADOR**

Autora: Isabel Consuelo Aulló Maestro

Director:

D. Alfonso San Miguel Ayanz

Madrid, Julio de 2014



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES

**EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN
DE DOS ESPECIES FORESTALES PRIORIZADAS
PARTICIPATIVAMENTE EN LA
SUB-CUENCA DEL RÍO QUIJOS, PROVINCIA DE
NAPO, ECUADOR**

Autora:

Vº Bº del Director:

Fdo: Isabel Consuelo
Aulló Maestro

Fdo: Alfonso
San Miguel Ayanz

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES

Título del P.F.C.: EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DOS
ESPECIES FORESTALES PRIORIZADAS PARTICIPATIVAMENTE EN LA SUB-
CUENCA DEL RÍO QUIJOS, PROVINCIA DE NAPO, ECUADOR

Autora: Isabel Consuelo Aulló Maestro

Director: D. Alfonso San Miguel Ayanz

Tribunal:

Presidente:

Vocal:

Secretario:

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo:

Fdo:

Fdo:

Calificación:

Fecha: Madrid, Julio 2014

Observaciones:

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer al INIAP, en especial al Departamento de Forestería, por toda la confianza que han depositado en mí y por todo el apoyo que me han prestado a la hora de realizar el proyecto. Al Doctor Grijalva, al Inge Ramos, a Paulo, a Franklin y a Roy. Gracias por todo lo aprendido junto a vosotros, por haberme permitido vivir experiencias inimaginables, por haberme acercado tanto la Amazonía, como para poder sumergirme en ella, por haberme hecho descubrir el verdadero sentido de comunidad, por darme la oportunidad de haber conocido un país increíble y gente aún mejor. A todos, gracias.

A mi Director, Alfonso San Miguel, por haberse dado esas palizas para conseguir el mejor resultado. ¡Lo hemos conseguido!

A Quito:

A todos vosotros, amigos. Sin vosotros no hubiera podido soportar la distancia, la soledad de descubrir un nuevo país, ni la inquietud de conocerme a mí misma: a Ale, a Leah, a Franzy, a Elliot, a Julian, a Gaby, a Amanda, a Sophie, a Peter, a Ben, a Miguel, a Fernando, a Javi...seguro que se me olvida alguien. Gracias por esas cenas, conciertos, excursiones, consejos...por todos esos buenos momentos.

A Daisy, por haberme acogido desde el minuto cero, por hacerme parte de su familia que ya la siento como mía, por esos motes resucitadores y esas charlas reparadoras. A mi Xime, porque tu dulzura es inspiradora.

A mi pana favorita, Marina. Porque me diste la fuerza, que ya me faltaba, para acabar mi experiencia allí. Por los momentos latacunguer, por las carretillas locas, por las pimientas, por los ornitorrincos, por los chchhh ve panaf... ¡Qué maja que eres!

Al GAD de Sardinias:

Por hacerme sentir del mismito valle del Quijos. Por esos siete meses que pasé junto a vosotros, por tener muy buena parte de la culpa de que tenga tan buenos recuerdos. Por tus ríos, tus montañas, tus paisajes, tus cañones y laderas con pendientes imposibles que más de una vez me dejaron sin aliento.

A Paulina "la gacelilla" Lara, a Alfonso "el culebrilla" Llulluna, a Leli "el topo" Quintero. Gracias por acompañarme en cada una de mis salidas al campo, por enseñarme a saltar de piedra en piedra, por sujetarme cuando a las lianas puñeteras les daba por romperse, por rescatarme de fangos hambrientos. Formamos un gran equipo.

A mi Flaquilla favorita (te quiero mucho hermanita) y a Adrián. Por vuestra compañía, por esas dos que tres, por enseñarme a bailar salsa "de verdad", por los paseos por el río...Por estar ahí.

Gracias a todos vosotros, una parte de mí se quedará siempre en Ecuador.

Ahora toca cruzar el charco para agradecer a los que siempre, incondicionalmente, han estado apoyándome en cada decisión que he tomado, a mi FAMILIA:

A mis padres, por haber apostado y por esforzarse tanto por nosotras. Por enseñarme a no rendirme y a luchar siempre, por mostrarme que nada es imposible. Habéis sido y seguiréis siendo, la mejor inspiración que pueda tener. Gracias.

A mi hermana, por sentirla tan cerca aun estando tan lejos. Por apoyarme en mis momentos de mayor flaqueza. Por todos los buenos consejos que siempre me has dado. Por ser el mejor ejemplo a seguir. Gracias Mari, te quiero mucho.

A Álvaro, por estar siempre dispuesto a ayudarme. Por esas cañas en las que soporta todos mis agobios y estreses, y, ¡Qué carambas! ¡Alguna que otra risotada! Gracias primi.

A mis abuelos, en especial a ti, abuelita, por enseñarme que después de un día malo, vienen muchos buenos. Ojalá algún día alcance tu templanza y bondad. Aún te echo de menos.

A Bembi. A mis tíos y prima, por esos momentos de relax necesarios para afrontar un nuevo curso. A Su, por esos “on fire” que tanta fuerza me han dado.

A las terrazas, porque en sus atardeceres, todo se ve con más calma.

A Montes:

A todo lo que esa palabra significa. A las noches sin dormir, a los días interminables, a todos los compañeros con los que he compartido esta etapa tan bonita de mi vida. A esa gran familia que se forma al convertirse la Escuela en nuestra segunda casa.

A Camagüey: A Marin, Loli y Gui. Por hacer que los primeros pasos en Ecuador fueran más dulces. Por todas las risas que hemos pasado y nos quedan por pasar, por aguantarme en mis momentos más tensos, y compartir los de más felicidad. A Lulu y a Esther, porque aunque no nos veamos mucho, sé que estáis ahí siempre. Gracias a todos por convertirlos en amigos de toda la vida.

Y en general, a todos los que, desde que empecé las andanzas montesinas, habéis compartido vuestro tiempo conmigo.

Ha sido una gran aventura, y ha merecido la pena.

GRACIAS.

Título: Evaluación del Estado de Conservación de dos especies forestales priorizadas participativamente en la sub-cuenca del río Quijos, Provincia de Napo, Ecuador.

Autor: Isabel Consuelo Aulló Maestro

Director: Alfonso San Miguel Ayanz

Departamento: Silvopascicultura

RESUMEN

El presente proyecto, enmarcado dentro del Programa INIAP/SENESCYT “*Conservación y Uso Sostenible de Recursos Genéticos Forestales en áreas críticas de bosques húmedos y secos de los Andes y Amazonía*”, a cargo del Departamento de Forestería del INIAP, nace de la necesidad de generar información sobre la pérdida de la biodiversidad de diversos ecosistemas de Ecuador. En concreto, de aquellos bosques de gran complejidad y elevada susceptibilidad como son los que se encuentran en la sub-cuenca del río Quijos: bosques húmedos de la región amazónica, fuentes de biodiversidad y sumideros de carbono, que se están viendo fuertemente amenazados por el cambio climático y por el cambio en el uso del suelo derivada de la intensa actividad humana que sufre la región desde hace décadas.

Debido a esta complejidad, el proyecto se centra en las dos especies forestales más valoradas por los habitantes, aplicando metodología de Diagnóstico Rural Participativo, haciéndoles partícipes de esta forma de las decisiones y actuaciones de su región. Una vez determinadas las dos especies a estudiar (*Cedrela montana* y *Erythrina edulis*), se evaluó qué efectos tendrán las principales amenazas: el cambio climático y el cambio de uso del suelo, en las poblaciones de ambas.

Para el estudio climático se han utilizado Modelos de Distribución de Especie, en concreto el programa Maxent, con el que se han modelizado dos situaciones: la probabilidad de idoneidad de hábitat actual y la probabilidad de idoneidad de hábitat futuro. Por comparación de ambos mapas se obtuvo una primera visión de cómo podría variar para el año 2070 la distribución potencial de ambas especies debido al cambio de las condiciones climáticas. Así mismo, se pudo determinar cuál de estas variables climáticas influye más en el modelo y, por lo tanto, en la distribución potencial. En el caso de *Cedrela montana*, en el año 2070 se prevé la desaparición total de hábitat idóneo en la zona de estudio, mientras que en *Erythrina edulis*, la reducción prevista es también casi total, de un 99,99%.

A continuación, aplicando los Criterios de la Lista Roja de la UICN sobre los modelos, se ha determinado el estado de conservación de ambas especies, obteniendo el grado de amenaza que soportan, que en ambos casos es En Peligro Crítico (CR).

Para el análisis del efecto del uso del suelo se procedió a la realización de muestreos en zonas con distinto grado antropogénico: el bosque natural y el bosque intervenido. Mediante comparación de las abundancias relativas y las distintas distribuciones diamétricas se han sacado conclusiones de cómo afecta la actividad humana a las poblaciones de ambas especies. *Cedrela montana*, por su excelente condición de maderable, desaparece en los bosques intervenidos y, si permanece, lo hace sólo con representación de diámetros bastante inferiores al de cortabilidad. Sin embargo, *Erythrina edulis*, por su condición de comestible, parece verse incluso beneficiada por la acción antrópica: desaparece con la eliminación del bosque, pero

parece mantener o incrementar su abundancia en bosque intervenidos, en los que la curva de distribución diamétrica de la especie parece no variar con respecto al bosque primario.

Con estas actividades se consigue comprender un poco más cómo sería la evolución de estas especies y el grado de amenaza a el que están sometidas, lo que constituye una fuente valiosa de información en la que basar futuras actividades de conservación de la biodiversidad y manejo sostenible del suelo.

Title: Conservation Status evaluation of two community-prioritized forest species in Quijos river sub-basin, Province of Napo, Ecuador.

Autor: Isabel Consuelo Aulló Maestro

Director: Alfonso San Miguel Ayanz

Departamento: Silvopascicultura

ABSTRACT

This project, as part of the Programme INIAP/SENESCYT “*Conservation and sustainable use of Genetic Forest Resources in critical areas of rainforest and dryforest of Andes and Amazonia*”, by Forest Department of INIAP, is born out of the need to produce information regarding the loss of biodiversity in various ecosystems of Ecuador, in particular those of high-complexity, high-susceptibility within the Quijos river sub-basin: wet forests of the Amazonian region, sources of biodiversity and carbon sinks, which are seriously threatened by climate change and changes in soil use, derived from the intense human activity the region is experiencing for decades.

Due to this complexity, the project revolves around the two forestry species most-valued among the inhabitants, applying Participatory Rural Appraisal (PRA) methodology, thus getting them involved in their region’s decision-making process. Once the two species to be studied were defined [*Cedrela montana* y *Erythrina edulis*], research was conducted on how they will be affected by their two main threats: climate change and changes in soil use, in both species’ population.

For the climate study Species Distribution Models have been used, specifically the program named Maxent, with which two situations were modelled: the probability of suitability for the current habitat and the probability of suitability for the future habitat. By comparing both maps I obtained a first outlook on how the potential distribution for both species could change by the year 2070 due to climate changes. In addition to this, it was possible to determine which of those climate variables affects the model, and thus the potential distribution, the most. As for the *Cedrela montana*, it is forecasted that by 2070 its suitable habitat will completely disappear within the studied area, whilst for the *Erythrina edulis* the forecasted reductions is almost total too, at 99,99%.

Next, using the UCN’s Red List Criteria on models, both species’ conservation status was obtained, ascertaining the level of threat they endure, which in both cases is “Critically Endangered” (CR).

For the use of soil effect analysis samples were collected in areas with different human activity level: the natural forest and the intervened one. By comparing the relative abundance and the distinct diametric distribution, conclusions were drawn on how the human activity affects both species’ population. *Cedrela montana*, given its excellent timber-yielding conditions, disappears in the intervened forests and, if it subsists at all, presents severely reduced diameters of cuttability. However, *Erythrina edulis*, as it is edible, is even benefited by anthropic intervention: it disappears as the forest is wiped off but it seems to maintain or even

increase its abundance in intervened forests, in which the diametric distribution curve of the species doesn't seem to change compared to the primary forest.

With these activities we are able to understand a bit better how the evolution of these species would be and the level of threat they endure, which constitutes a valuable source of information upon which to base future biodiversity-preservation and sustainable soil-management activities in the future.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE TABLAS	17
LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	18
1. INTRODUCCIÓN	20
1.1 Biodiversidad, cambio climático y cambios en el uso del suelo.....	20
1.1.1 Una visión global	20
1.1.2 Ecuador.....	21
1.1.3 Problemática del cambio el uso de suelo en la sub-cuenca del río Quijos	22
1.2 Actuaciones de mitigación y adaptación al cambio climático, estrategias contra la deforestación y conservación de la biodiversidad	23
1.2.1 Global	23
1.2.2 Ecuador.....	24
1.2.3 Sub-cuenca del río Quijos.....	28
1.3 Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN	29
1.4 Lógica de intervención/ Programa en el que se integra el proyecto	30
1.5 Objetivos	31
1.5.1 Objetivo general	31
1.5.2 Objetivos específicos.....	31
2. MATERIAL Y MÉTODOS	32
2.1 Descripción del país.....	32
2.1.1 Desarrollo humano y objetivos de desarrollo del milenio	33
2.2 Descripción del área de estudio	35
2.2.1 Ubicación geográfica	35
2.2.2 Características climáticas predominantes.....	36
2.2.3 Ecosistemas característicos.....	37
2.2.4 Hidrografía y Geomorfología.....	37
2.3 Diagnóstico Rural Participativo	38
2.3.1 ¿Qué es un DRP?	38
2.3.2 Realización del DRP	38
2.4 Descripción de las especies a estudio	40
2.5 Modelización de la evolución de la idoneidad de hábitat.	41
2.5.1 ¿Qué es un MDP?	41

2.5.2	Fundamento de los MDP.....	42
2.5.3	Elaboración del MDP mediante el algoritmo MaxEnt.....	43
2.5.4	Construcción del MDP actual	48
2.5.5	Construcción del MDP futuro.....	50
2.5.6	Interpretación de los modelos	50
2.6	Determinación del estado de conservación.....	51
2.6.1	Determinación del criterio utilizado	51
2.6.2	Cálculo del porcentaje de reducción de área de distribución potencial.....	52
2.7	Evaluación del impacto del cambio de uso del suelo.....	53
2.7.1	Comparación de abundancias y distribuciones diamétricas	53
2.7.2	Pérdida de área potencial debida a cambios en el uso del suelo	57
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
3.1	Priorizar mediante Diagnóstico Rural Participativo dos especies forestales.	58
3.2	Modelización de la evolución de la idoneidad de hábitat.	59
3.2.1	<i>Cedrela montana</i>	59
3.2.2	<i>Erythrina edulis</i>	62
3.3	Determinación del estado de conservación.....	64
3.3.1	<i>Cedrela montana</i>	64
3.3.2	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex. Micheli	66
3.4	Evaluación del impacto del cambio de uso del suelo.....	67
3.4.1	Comparación de abundancias y distribuciones diamétricas	67
3.4.2	Pérdida de área potencial debida a cambios en el uso del suelo	71
4.	CONCLUSIONES	72
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS	i
	ANEXO A: Categorías de La Lista Roja de la UICN. (UICN, 2012).....	i
	ANEXO B: Base de datos de herbarios colaboradores	iii
	ANEXO C: Definiciones utilizadas en el Criterio A de la Lista Roja de la UICN.	iv

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Uso del suelo Ecuador año 2008.	21
Figura 1.2 Estructura de las categorías de la UICN	29
Figura 2.1 Situación de Ecuador y detalle de regiones.	32
Figura 2.2 Mapa base de la sub-cuenca del río Quijos.....	35
Figura 2.3 Precipitación media anual en la sub-cuenca del río Quijos.....	36
Figura 2.4 Temperatura media anual en la sub-cuenca del río Quijos	36
Figura 2.5 Zonas de vida en la sub-cuenca del río Quijos	37
Figura 2.6 Interfaz del programa MaxEnt. En círculo rojo las variables de entrada necesarias. 43	
Figura 2.7 BaseEcuador, rectángulo en verde.....	47
Figura 2.8 Aspecto de la interfaz del programa MaxEnt con los datos cargados.	48
Figura 2.9 Interfaz de Settings de Maxent. En círculo rojo el dato a modificar.	49
Figura 2.10 Interfaz principal de MaxEnt con las opciones a activar señaladas.	49
Figura 2.11 En rojo: valor del umbral de probabilidad aceptable.....	52
Figura 2.12 a) Forma y distribución de las parcelas en el conglomerado y b) Diseño de la parcela.....	55
Figura 3.1 Idoneidad climática actual de Cedrela montana.....	60
Figura 3.2 Valor de AUC para el modelo de Cedrela montana.	60
Figura 3.3 Valor, en porcentaje, de la contribución de las distintas variables al modelo de idoneidad climática del hábitat para Cedrela montana.....	61
Figura 3.4 Idoneidad climática futura del hábitat de Cedrela montana en la zona de estudio. Elaboración propia.	61
Figura 3.5 Idoneidad climática actual del hábitat de Erythrina eduli en la zona de estudio. Elaboración propia	62
Figura 3.6 Valor de AUC para el modelo de Erythrina edulis.	63
Figura 3.7 Valor, en porcentaje, de la contribución de las distintas variables al modelo de idoneidad climática del hábitat de Erythrina edulis.....	63
Figura 3.8 Idoneidad climática futura del hábitat de Erythrina edulis en la zona de estudio. Elaboración propia.	64
Figura 3.9 Umbral correspondiente al percentil 10 de Cedrela montana.	64
Figura 3.10 En amarillo: área correspondiente a una probabilidad superior al 21,2% de idoneidad climática del hábitat actual para Cedrela montana en la zona de estudio.....	65
Figura 3.11 En amarillo: área de idoneidad climática futura (2070) del hábitat para Cedrela montana en la zona de estudio.	65
Figura 3.12 Umbral correspondiente al percentil 10 de Erythrina edulis.....	66
Figura 3.13 En amarillo: área correspondiente a una probabilidad superior al 27,6% de idoneidad climática del hábitat actual para Erythrina edulis en la zona de estudio.	66
Figura 3.14 En amarillo: área de idoneidad climática futura (2070) del hábitat para Erythrina edulis en la zona de estudio	67
Figura 3.15 Distribución diamétrica Cedrela montana en todas las parcelas de estudio de cada tipo de bosque. Elaboración propia.	69
Figura 3.16 Distribución diamétrica Erythrina edulis en todas las parcelas de estudio de cada tipo de bosque. Elaboración propia.	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Superficie del territorio continental de Ecuador bajo conservación o manejo ambiental (2008-2012), en hectáreas.....	26
Tabla 2.1 Datos sociales de Ecuador	33
Tabla 2.2 Otros datos de desarrollo Humano de Ecuador.	34
Tabla 2.3 Relación entre colores de las pegatinas, importancia y valoración.	39
Tabla 2.4 Clasificación taxonómica de <i>Cedrela montana</i>	40
Tabla 2.5 Clasificación taxonómica de <i>Erythrina edulis</i>	41
Tabla 2.6 Configuración de los modelos HadGEM2-AO, HadGEM2-CC y HadGEM2-ES.	45
Tabla 2.7 Especificaciones y condiciones de formato de las variables de entrada en MaxEnt. .	46
Tabla 2.8 Inputs utilizados para la construcción del MDP Actual	48
Tabla 2.9 Inputs utilizados para la construcción del MDP Futuro.....	50
Tabla 2.10 Categoría asignada en función del valor del porcentaje de reducción de la población obtenido.	51
Tabla 2.11 Clasificación de los grados antropogénicos en función del mapa de coberturas.	53
Tabla 3.1 Resultado de ponderación de especies forestales arbóreas mediante DRP. En verde las dos especies más valoradas.	58
Tabla 3.2 Resultados del muestreo de <i>Cedrela montana</i> . En cada columna (bosque primario o intervenido) se indica el número de individuos encontrados en toda el área de muestreo. (Los individuos mostrados son los totales).....	68
Tabla 3.3 Resultados del muestreo de <i>Erythrina edulis</i> . En cada columna (bosque primario o intervenido) se indica el número de individuos encontrados en toda el área de muestreo. (Los individuos mostrados son los totales).....	70

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AUC	Area Under the Curve
bhM	Bosque húmedo Montano
bhMB	Bosque Húmedo Montano Bajo
bmhSA	Bosque muy húmedo Sub Alpino
bmhA	Bosque muy húmedo Alpino
CCVQ	Corredor de Conservación para el Buen Vivir del Valle del Quijos
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
CICC	Comité Interinstitucional de Cambio Climático
CISMIL	Centro de Investigaciones Sociales del Milenio
COP	Conferencia de las Partes
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
CPPS	Comisión Permanente del Pacífico Sur
CSE	Comisión de Supervivencia de Especies
DAP	Diámetro a la Altura del Pecho
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
EN	En Peligro
ENB	Estrategia Nacional de Biodiversidad
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FORMINFINLAND	Ministry for Foreign Affairs of Finland
FOSEFOR	Mecánica Operativa del Fondo para la Inclusión Financiera del Sector Forestal
GAD	Gobierno Autónomo Descentralizado
GCM	Modelos Climáticos Globales.
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Grupo de Cooperación Alemana
IDH	Índices de Desarrollo Humano
IDH-D	Índices de Desarrollo Humano ajustado por Desigualdad
INB	Ingreso Nacional Bruto
INEC	Instituto Nacional de Estadística del Ecuador
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura, y Pesca
MAPFORGEN	Atlas para la conservación de los recursos genéticos forestales
MDE	Modelos de Distribución de Especies
MDP	Modelo de Distribución Potencial
MEA	Millennium Ecosystem Assessment
ODM	Objetivos de Desarrollo Del Milenio
ONU	Organización de Naciones Unidas
PACC	Proyecto de Adaptación al Cambio Climático del Ministerio del Ambiente del Ecuador
PANE	Patrimonio de Áreas Naturales del Estado
PES	Pagos por Servicios Ambientales
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RCP	Representative Concentration Pathways
REDD	Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y de la Degradación forestal
SCDB	Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica
SENESCYT	Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales
UNFCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UN-REDD	The United Nations Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DOS ESPECIES FORESTALES PRIORIZADAS PARTICIPATIVAMENTE EN LA SUB-CUENCA DEL RÍO QUIJOS, PROVINCIA DEL NAPO, ECUADOR

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Biodiversidad, cambio climático y cambios en el uso del suelo

1.1.1 Una visión global

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 2014) define biodiversidad como: “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (SCDB, 2010a).

La pérdida de hábitats, debida en gran medida a la conversión de tierras silvestres para usos agrícolas, junto al cambio climático son dos de los factores que más presión ejercen sobre la biodiversidad, empobreciendo los recursos forestales, disminuyendo la resiliencia de los bosques en general, y los bosques tropicales en particular (MEA, 2005; SCDB, 2010a).

El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha ido alertando desde 1988, de las causas y posibles consecuencias del cambio climático, que define como (IPCC, 2013):

Variación en el estado del clima que puede ser identificado por cambios en la media y/o variabilidad de sus propiedades, y que persiste por un largo periodo de tiempo [...] se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo [...] o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras.

En el quinto y último informe hasta la fecha, el IPCC (2013) afirma que “existe calentamiento de la atmósfera y los océanos, la cantidad de nieve y hielo ha disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado”. En el caso de la biodiversidad, se verá perjudicada en algunos casos la capacidad de los bosques para proporcionar bienes y servicios ecosistémicos críticos, cambiando el *timing* de acontecimientos clave, incrementando la vulnerabilidad a especies invasoras y plagas, aumentando la frecuencia e intensidad de desastres naturales y alterando las condiciones del hábitat (SCDB, 2010b).

La deforestación, acelerada por el crecimiento demográfico y el auge de la demanda de alimentos, fibra y combustible, ha causado que en los últimos 10 años el promedio anual neto de desaparición de los bosques llegase a los 5,2 Mha (FAO, 2012). En este sentido, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, MEA por sus siglas en inglés) eleva a más de 130 Mha desaparecidas de bosques por conversión y se prevé que entre un 10-20% más de prados y bosques se convertirían para el año 2050, poniendo aún más en peligro la biodiversidad. En los bosques tropicales el impacto de estas transformaciones de hábitat será realmente preocupante, ya que estudios del EM aseguran que estos sufrirán la mayor tendencia al alza en deforestación ocasionando, por ende, un impacto muy alto sobre la biodiversidad (MEA, 2005).

1.1.2 Ecuador

El Fondo Mundial para la Naturaleza lo sitúa entre los 17 países del mundo con los más altos niveles de biodiversidad. Su ubicación en la zona tropical, las corrientes marinas frías y cálidas que bañan sus costas, el gradiente altitudinal creado por la cordillera de Los Andes y la diversidad geológica, originan una importante diversidad en la tipología de la vegetación. Solo en el Ecuador continental existen 34 tipos de vegetación en los que se han registrado 16.087 especies en 273 familias. Se calcula que hay 15.306 especies nativas, de las cuales 4.173 son endémicas, es decir, el 27,3%. En cuanto a fauna están representadas en el país 415 especies de anfibios, 394 de reptiles, 1.616 de aves y 369 de mamíferos, representando esta diversidad de vertebrados el 11,47% del total mundial (WWF: http://www.wwf.org.co/donde_trabajamos/ecuador_/).

En lo que al uso del suelo se refiere, éste varía considerablemente en función de la región. La Sierra Andina y el Litoral son las regiones donde ocurre un mayor uso agropecuario de territorio mientras que en la Amazonía prevalecen los bosques (figura 1.1), amenazados por la evidencia de una conversión progresiva hacia usos agropecuarios, sobre todo en la franja de Pie de Monte donde se desarrolla la presente investigación (Grijalva, 2012).

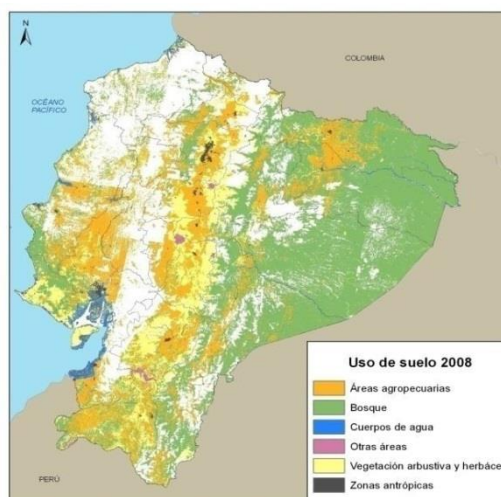


Figura 1.1 Uso del suelo Ecuador año 2008.

Fuente: Grijalva 2012.

En total, Ecuador posee alrededor de 1 Mha de bosques, 80% de los cuales está situado en la Amazonía y el 40% pertenece a áreas protegidas. No obstante, se estima que la deforestación anual es de al menos 180.000 ha y la reforestación, de apenas 5.000 ha/año (FAO 2003). La rápida expansión de la ganadería y el uso extensivo de prácticas no sostenibles de manejo de pastos son probablemente las mayores amenazas y los mayores determinantes de esta deforestación y degradación ambiental de las zonas tropicales, lo que, unido a la falta de información e incentivos para su conservación y uso sostenible, está provocando la rápida pérdida de la riqueza biológica (FAO, 2006; Iniciativa Amazónica, 2008).

1.1.3 Problemática del cambio el uso de suelo en la sub-cuenca del río Quijos

En el caso de la sub-cuenca del río Quijos, donde se desarrolla la presente investigación, hay que remontarse a la década de los cincuenta para entender el proceso de deforestación y analizar la situación agraria de las haciendas serranas y la correspondiente relación entre reforma agraria y colonización (Arévalo et al., 2008).

En esta época la estructura agraria presentaba una configuración extremadamente polarizada en relación con el control de la tierra. Existían dos actores principales: por un lado, los terratenientes propietarios de las haciendas y, por el otro, los campesinos minifundistas. Entre ambos se dio una relación latifundio-minifundio en la que pequeñas parcelas eran entregadas a los campesinos precaristas permitiendo la extracción de renta en trabajo (Barsky, 1978, citado por Arévalo et al., 2008). De esta forma nacieron los denominados huasipungos: retazo de tierra en préstamo por un tiempo indefinido como pago al campesino.

El desarrollo del mercado nacional aceleró la dinámica de cambios que se fueron dando en las relaciones entre terratenientes y precaristas: se impulsó el desarrollo de las fuerzas productivas y se reorganizaron las unidades en base al trabajo asalariado, iniciándose el fin de la precariedad (Arévalo et al., 2008).

Ésta dinámica se trasladó al nivel político con la promulgación de las leyes de Reforma Agraria de 1964 y 1973, leyes que empujaron a los terratenientes a recuperar recursos de la hacienda en manos campesinas, iniciando así un proceso de competencia por la tierra, los pastos y el agua en la que se promovía el desmonte intensivo como prueba para demostrar la posesión de las tierras y lograr la legalización del predio (Arévalo et al., 2008).

Según Arévalo (2008), éste desmonte intensivo, sumado al incremento de la asignación crediticia al sector agropecuario en los años 1973, 1974 y 1975 (como medida de la Reforma Agraria de 1973) y sumado a la construcción en el Oriente de infraestructuras que conectan la zona con la capital (financiadas por grandes petroleras para la extracción del crudo), origina un rápido crecimiento agropecuario y un importante proceso de urbanización.

Resultado: en el periodo 1979 - 2002 se produce, sólo en el cantón Quijos, una pérdida del 22% de superficie forestal, donde los cultivos y pastos, a fecha 2002, ocupaban el 13 % del terreno. La forma más evidente de cambio fue la conversión, en un primer momento, del bosque nativo primario, bosque y matorral hacia sistemas agropecuarios de subsistencia basados inicialmente en cultivos pioneros, para ser relevados después por áreas de pasto en respuesta a la creciente demanda de leche.



1.2 Actuaciones de mitigación y adaptación al cambio climático, estrategias contra la deforestación y conservación de la biodiversidad

1.2.1 Global

Se puede decir que las actividades a escala mundial contra las consecuencias del cambio climático comenzaron en la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro. Durante la misma se aprobó la Convención sobre Diversidad Biológica (CDB), tratado internacional vinculante cuyos objetivos principales contemplan la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, entre otros (ONU: <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>).

En ese mismo encuentro se concretó el nacimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCC por sus siglas en inglés) cuya misión es estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causantes del calentamiento global y del consecuente cambio climático. En 1997, fruto de las reuniones de la Convención, se adoptó el Protocolo de Kyoto, que entró en vigor en 2005 (UNFCC, 2013).

El Protocolo de Kyoto ha sido una de las herramientas con más peso en la lucha contra el cambio climático. Mediante su firma, multitud de países se han comprometido a reducir sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). No obstante, la enmienda realizada en Doha (2012) ha tenido poca acogida entre ciertos países, en concreto Nueva Zelanda, Rusia, Japón y Canadá, países que no han respaldado la prórroga del mismo (UNFCC, 2013).

Los progresivos seguimientos del citado protocolo se han llevado a cabo en las anuales Conferencias de las Partes (COP en adelante), en las que se han tomado decisiones importantes en el tema de cambio climático. Ejemplo de esto fue la iniciativa planteada por Ecuador en 2007, Emisiones Netas Evitadas, comentada más adelante (apartado 1.2.2).

Otro acontecimiento importante en la lucha contra el cambio climático tuvo lugar en la COP11 de 2005, durante la cual nació REDD, Reducción de Emisiones derivadas de la Deforestación y de la Degradación forestal, reconocida y ampliada más adelante en la COP13 (2007) como REDD+. Puesto que el 17% de las emisiones de gases de efecto invernadero son causadas por el cambio del uso del suelo (FAO, 2008), con este nuevo concepto se acepta la reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques como un mecanismo válido para la lucha contra el cambio climático. Se basa en la idea de que los países en desarrollo tienen un coste de oportunidad si deciden conservar sus bosques en lugar de cambiar el uso. Por tanto, el presente instrumento debe proveer suficientes incentivos de financiación para guiar las decisiones hacia la conservación (Karsenty et al., 2014). Entre las organizaciones al frente de este nuevo mecanismo se encuentran la FAO, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los cuales, desde 2008, han combinado sus esfuerzos en un programa conocido como UN-REDD (Thompson et al., 2011).

Ciertos países, generalmente desarrollados, proponen lo que se denomina **Pagos por Servicios Ambientales** (PES por sus siglas en inglés) en la que se realizan pagos a un agente por servicios prestados por otros agentes, servicios enfocados a preservar, restaurar o incrementar un

servicio medioambiental acordado por ambas partes. Muchas actuaciones REDD+ se pueden interpretar con un PES orientado a reducción del carbono (Karsenty et al., 2014).

En lo que a protección de la biodiversidad respecta, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN, IUCN por sus siglas en inglés) en colaboración con la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE, SSC por sus siglas en inglés) lleva investigando el estado de conservación de las especies, subespecies, variedades, incluso subpoblaciones, elegidas a escala global durante los últimos cincuenta años, con el fin de destacar aquellas especies amenazadas de extinción y promover su conservación (IUCN Red List: <http://www.iucnredlist.org/>).

En el seno de esta comisión nace, en 1994, tras intentos anteriores, un enfoque científico riguroso para determinar los riesgos de extinción aplicable a cualquier especie: La Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, reconocida como la estrategia global más amplia y objetiva para evaluar el estado de conservación de especies de flora y fauna. Debido a la importancia que tiene la estrategia en esta investigación, se profundizará en la misma en el apartado 1.3.

Con la misma meta de proteger la biodiversidad, tuvo lugar durante la novena COP (2008) del Convenio sobre Diversidad Biológica, la preparación del estudio sobre el Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo, en la que se destaca la importancia de adelantar programas y proyectos de investigación y desarrollo relacionados con iniciativas de conservación y manejo adecuado de la biodiversidad. Promueve además que las políticas sectoriales y los proyectos de desarrollo con impacto subregional integren en todo su ciclo elementos específicos de conservación de biodiversidad y desarrollo sustentable.

1.2.2 Ecuador

El primer movimiento de Ecuador a favor de la protección de la biodiversidad fue en 1936, con la declaración de Parque Nacional de las Islas Galápagos. Pero no fue hasta después de Río-92 cuando Ecuador asumió compromisos internacionales, al ratificar, en 1993, el Convenio de Diversidad Biológica (CDB). Sin embargo, no formuló la primera Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB) hasta el año 2000 (MAE, 2010; UICN, 2014).

La firma del CDB desencadenó la toma de medidas en pro de la conservación de la biodiversidad y cuidado del medio ambiente: se determinó el establecimiento de la Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República (1993); se adoptaron las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador mediante el Decreto Ejecutivo Nº 1802 (1994); se creó el Ministerio de Medio Ambiente (1996); se introdujo la protección jurídica-constitucional del medio ambiente mediante la incorporación de la Sección VI en la Constitución titulada “Del Medio Ambiente” (1996), y la *defensa del medio natural [...] y protección del medio ambiente* dentro de los deberes primordiales del Estado (1998); se declararon, mediante Decretos Ejecutivos Nº 551 y Nº552, dos zonas intangibles en la Amazonía de Ecuador: Cuyabenos-Imuya y Yasuní (1999) y se declaró la ENB como política de Estado mediante Decreto Ejecutivo Nº 2232 (2007).

En el ámbito del cambio climático, la primera actuación fue, tras firmar el Protocolo de Kyoto en 1999, la creación del Comité Nacional del Clima, que tenía competencias para definir políticas dentro del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCC, 2009)



1. Introducción

No obstante, según la UICN (2014), los cambios más determinantes en lo que al medio ambiente se refiere se dieron con la promulgación de la, actualmente en vigor, Constitución de la República en 2008 (Asamblea Constituyente del Ecuador, 2008), en la que se incorporan tres pilares fundamentales íntimamente relacionados con la naturaleza: la diversidad cultural y los derechos vinculados a ella (denominada como el buen vivir, *sumak kawsay* en Kichwa), el reconocimiento de derechos de la naturaleza y el carácter plurinacional del Estado ecuatoriano. Esta renovada constitución también recoge la necesidad de establecer medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, de conservación y protección de bosques (Art. 414) y de la creación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) (Art. 405), conformado por cuatro subsistemas: el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's), el Subsistema de Áreas Protegidas Comunitarias y el Subsistema de Áreas Protegidas Privadas. Así mismo, establece la creación de un Plan Nacional de Desarrollo, actualmente denominado Plan Nacional del Buen Vivir (el último es el referente al periodo 2013-2017), donde la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos es una prioridad (SENPLADES, 2009).

En 2009 se declaró como Política de Estado la adaptación y mitigación del cambio climático, encargada al Ministerio del Ambiente (Decreto Ejecutivo 1815). En el mismo año, las competencias del Comité Nacional del Clima se transfirieron al Ministerio del Ambiente, conformándose más tarde el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), que tiene como objetivo coordinar las políticas nacionales en la materia.

El *súmmum* de las actuaciones respecto al cambio climático se da con la presentación en 2012 de la Estrategia Nacional de Cambio Climático 2012-2025, que tiene como finalidad reducir la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente a los cambios climáticos (MAE, 2012).

Todas estas políticas y ratificaciones se han visto reflejadas en las estadísticas de superficie forestal de Ecuador, que, pese a estar gravemente afectada por la deforestación (apartado 1.1.2), ha advertido un aumento continuo en la superficie protegida en los últimos años (tabla 1.1). Esto no significa que esté bien conservada puesto que, como se afirma en el Cuarto Informe Nacional para Convenio sobre la Diversidad Biológica (2010), la información sobre los ecosistemas del Ecuador, su distribución y la condición de conservación de los mismos, no existe por el momento.

Tabla 1.1 Superficie del territorio continental de Ecuador bajo conservación o manejo ambiental (2008-2012), en hectáreas.

Categorías	2008	2009	2010	2011	2012
PNAE y GAD	4.142.392	4.197.080	4.277.240	4.290.195	4.344.465
Bosques y vegetación protectores	2.042.545	2.043.649	2.208.180	2.260.190	2.265.267
Programa Socio Bosque	151.734	365.253	525.275	684.504	878.923
Manglares	90.572	90.573	87.319	87.317	86.506
Total	6.427.243	6.696.554	7.098.015	7.322.207	7.575.522

Fuente: MAE 2013. Elaboración propia.

Algunos de los programas actuales, nacionales y transfronterizos, que desde el gobierno impulsan para la conservación y cumplimientos de las premisas marcadas son:

Iniciativas globales

Durante la COP19 en Varsovia (2013), Ecuador presenta la propuesta **Emisiones Netas Evitadas**. En ella se plantea que países en desarrollo, como Ecuador, puedan recibir beneficios económicos, transferencia de tecnología y construcción de capacidades por evitar la emisión de gases de efecto invernadero. Dentro de esta iniciativa se encontraba **Yasuní-ITT**, en la que se planteaba dejar intacta la zona de exploración petrolera Ishpingo, Taputini y Tambocoha, perteneciente al Parque Nacional Yasuní, a cambio de una compensación económica de los países parte. Lamentablemente, la iniciativa no tuvo éxito, y en agosto del 2013 el actual presidente de Ecuador, Rafael Correa, decidió explotar dicha zona, con las consecuentes pérdidas en biodiversidad y masa forestal que conllevará (Espinosa, 2012; Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana, 2013; www.eluniverso.com).

Iniciativas Transfronterizas

Se pueden destacar tres programas que Ecuador mantiene con Perú o Colombia (MAE, 2010):

En la frontera sur de Ecuador existen diversos ecosistemas compartidos con Perú. Para conservación y protección de los mismos se desarrollan diversos programas binacionales como **La Ceiba-Pilares** o **Páramo Transfronterizo**, para protección del bosque seco-tumbesino o los páramos de Espíndola y Ayabaca respectivamente.

Como iniciativa de integración fronteriza amazónica se ha establecido un **Programa Trinacional** entre Ecuador, Colombia y Perú que establece tres Áreas Protegidas pertenecientes a la colindante cuenca media del río Putumayo: Parque Nacional Natural La Paya (Colombia), Reserva de Producción Faunística Cuyabeno (Ecuador) y la Zona Reservada de Güeppí (Perú). Los proyectos llevados a cabo dentro de este programa pretenden influir en las políticas ambientales, públicas y sectoriales a escalas local, nacional, regional e internacional para crear antecedentes en otros proyectos del estilo (Programa Trinacional: <http://www.programaTrinacional.com/>).



1. Introducción

En septiembre de 1989, Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú suscribieron, coordinadas por la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), el Protocolo para la Conservación y Administración de las Áreas Marinas Protegidas del Pacífico Sudeste, en el que se reconoce la necesidad de la adopción de medidas de protección y conservación de ecosistemas frágiles, vulnerables o con valor natural, así como la fauna y flora susceptibles de extinción. Resultado del mismo fue la creación de una **Red Regional de Áreas Costeras y Marinas Protegidas** mediante la cual se garantiza la protección y mantenimiento de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales (CPPS, 2009).

Iniciativas Nacionales

Ecuador forma parte del programa Mundial **REDD+** desde Octubre de 2009, mediante el que se premia económicamente, por el valor ambiental que supone, la conservación del bosque mediante compra de carbono y demás mecanismos internacionales (ver apartado 1.2.1). Con la intensificación de la producción, al implantar sistemas silvopastorales se dejarían de explotar terrenos actualmente ocupados por bosque primario, terrenos que serían susceptibles de formar parte del programa.

Como parte de los objetivos de REDD+ nace, en septiembre de 2008, el Programa Socio-Bosque, que busca complementar políticas para conciliar la protección de los bosques con el desarrollo dando incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas que se comprometan a la conservación de sus bosques y páramos. Entre 2008 y 2011 fueron 1,1 Mha de los ecosistemas nativos protegidas mediante este programa (Programa ONU – REDD, 2011).

Son susceptibles de entrar al programa los bosques nativos y páramos en riesgo de deforestación, los bosques nativos que estén menos representados en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) que tengan importancia biológica y de biomasa, y los bosques nativos con alta incidencia de pobreza. Los incentivos que se otorgarían, considerando los criterios de selección y el número de hectáreas que los propietarios decidan conservar, serían de hasta 30 dólares por ha y año (Programa Socio-Bosque: <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/>).

En este sentido, cabe mencionar el aporte que, mediante la publicación de estudios e investigaciones de toda índole, el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) está haciendo al conocimiento de las amenazas de la biodiversidad y manejo sostenido de los recursos. El Departamento de Forestería del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), con actuaciones en diversas provincias del Ecuador (Pichincha, Chimborazo, Napo entre otras), es un organismo con alta reputación en investigaciones forestales y agronómicas que dispone de iniciativas como la evaluación de opciones de gestión forestal sostenible en bosques de comunidades kichwas de la Amazonía, la identificación y valoración de recursos genéticos forestales para la protección e micro-cuencas alto-andinas, la evaluación en bosque seco de las especies maderables en peligro de extinción y el programa al que pertenece el presente proyecto, GENFORESTAL (apartado 1.4), que implica la conservación y usos sostenible de recursos forestales priorizados.

Toda iniciativa dirigida a paliar los efectos negativos sobre la biodiversidad resulta interesante. No obstante, la principal necesidad a abordar, y más intensamente en los países en desarrollo, es la generación de más estudios sobre el estado de la biodiversidad y los servicios

ecosistémicos, imprescindible para plantear estrategias y medida que faciliten la conservación, disminuyan la deforestación y guíen la mitigación y adaptación al cambio climático.

1.2.3 Sub-cuenca del río Quijos

Actualmente, en la sub-cuenca el río Quijos se encuentran trabajando diversas organizaciones e instituciones en la gestión sostenible y en la conservación del entorno natural y de los Parques Naturales que en ella se ubican, hallándose varias de ellas en proceso de coordinación mediante el Corredor de Conservación para el Buen Vivir del Valle del Quijos (CCVQ).

A continuación se describen algunos de los actores principales que actualmente realizan intervenciones en el área de estudio:

INIAP

El INIAP incluye en su misión el socializar los conocimientos adquiridos mediante sus investigaciones. En este sentido, son diversos los talleres que ya han comenzado a realizar en la sub-cuenca junto a al Corredor de Conservación del Valle del Quijos, como el realizado durante el mes de Agosto en las parroquias de Baeza y Cosanga, donde se mostraban experiencias exitosas en implantación de sistemas silvopastorales, contadas de la mano de los productores, estableciéndose como un gran apoyo técnico real a la hora del diseño de dichos sistemas por distintas organizaciones presentes en el Valle.

Además del importante programa del que forma parte la presente investigación, GENFORESTAL (ver apartado 1.4), el INIAP posee múltiples estudios en la zona, entre los que podemos destacar: establecimiento de diversas fincas experimentales de mejoramiento de maíz y de plantaciones de naranjilla; instalación de un vivero forestal comunitario en la parroquia Sardinias. En éste último se multiplican especies características del bosque nublado, por lo que puede ser el proveedor de taxones si se hiciera un plan de reforestación en la sub-cuenca.

Corredor de Conservación para el Buen Vivir del Valle del Quijos

Esta Institución, nacida en mayo de 2012, está compuesta por actores nacionales, como el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) o el INIAP; algunos locales, como los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) provinciales, municipales y parroquiales; y otros técnicos, como Ecociencia, La Estación Biológica Yanayacu y la Cooperación Alemana GIZ.

Las dimensiones de intervención son cuatro: política, ecológica, económica y científica, mediante las cuales se trata de planificar el usos sostenido del territorio de la sub-cuenca con el fin de crear una conectividad ecológica apoyada en la educación ambiental y la conservación del medio ambiente (CCVQ: <http://www.sumaco.org/quienes-somos-ccvq.html>).

GIZ

El Grupo de Cooperación Alemana (GIZ), mediante el recién concluido programa GESOREN, llevó a cabo varios proyectos de reducción de la deforestación en coordinación con el Ministerio del Ambiente, cuyo objetivo principal era la puesta a punto de estrategias y métodos de manejo sostenible de los recursos naturales que ayudasen a fortalecer los ingresos

1. Introducción

de la población rural más desfavorecida. Varios de los esfuerzos se focalizaron en la subcuenca mediante el establecimiento, con el apoyo técnico del INIAP, de sistemas silvopastorales (GIZ: <http://www.giz.de/en/worldwide/399.html>).

1.3 Criterios y Categorías de la Lista Roja de la UICN

La Lista Roja de la UICN es un referente a la hora de analizar el estado de conservación en especies, tanto de flora como de fauna, cuyo fin general es proporcionar herramientas de fácil comprensión y con un marco lógico y objetivo para clasificar especies según su grado de riesgo de extinción.

Se ha comprobado que es aplicable para la mayoría de los organismos. No obstante, se debe tener presente que, aunque el sistema sitúa a especies en las categorías de amenaza con un grado alto de fiabilidad, los criterios no tienen en cuenta la historia natural de cada especie, por lo que el riesgo puede estar sub-o sobre-estimado en ciertos casos (UICN, 2012b).

La última versión, la 3.1., cuya primera edición fue de 2001, tiene como fines específicos:

- aportar un sistema que pueda ser empleado coherentemente por diferentes personas.
- mejorar la objetividad, ofreciendo a los usuarios una guía clara sobre cómo evaluar los diferentes factores que conducen al riesgo de extinción.
- ofrecer un sistema que facilite comparaciones entre taxones de manera muy amplia.
- proporcionar, a las personas que se encuentran utilizando listas de especies amenazadas una mejor comprensión de cómo fue clasificada cada especie.

Y contempla ocho categorías de conservación (figura 1.2) (ver Anexo A):

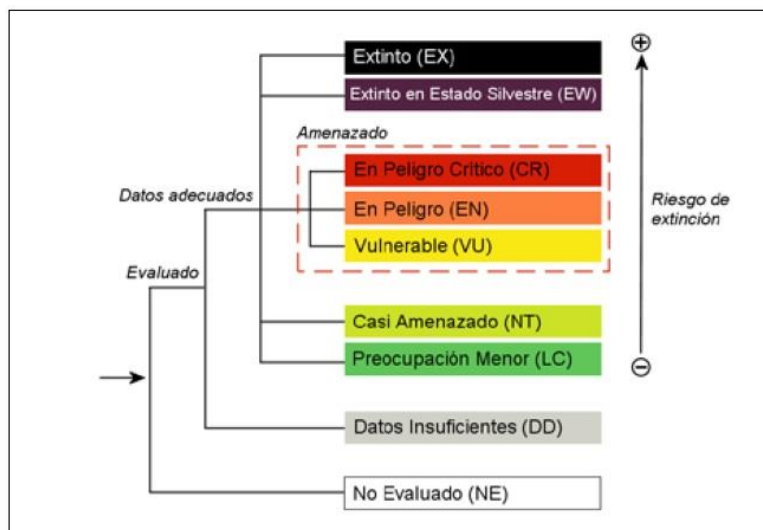


Figura 1.2 Estructura de las categorías de la UICN

Fuente: UICN 2012b.

Las categorías de conservación se definen mediante cinco criterios cuantitativos (A, B, C, D, E) y están relacionados con el análisis de aspectos fundamentales de amenazas o riesgos actuales que afectan la supervivencia de la especie. El cumplimiento de tan solo uno de estos criterios hace posible que un taxón pueda ser incluido en ese nivel de amenaza.

Con la categorización y puesta en evidencia las amenazas de las especies, la Lista Roja se configura como una poderosa herramienta para la toma de decisiones en conservación y política ambiental (UICN, 2012b).

1.4 Lógica de intervención/ Programa en el que se integra el proyecto

La presente investigación se enmarca dentro del Programa INIAP/SENESCYT “*Conservación y Uso Sostenible de Recursos Genéticos Forestales en áreas críticas de bosques húmedos y secos de los Andes y Amazonía*”, a cargo del Departamento de Forestería del INIAP, denominado abreviadamente GENFORESTAL, iniciado en 2012 y con una duración de cuatro años.

GENFORESTAL ha sido definido por el INIAP dentro del marco de las políticas del Estado para el Sector Agropecuario (MAGAP, 2005), y en concordancia con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir (SENPLADES, 2009) (ver apartado 1.2.2), con el fin de contribuir a la solución del problema de la pérdida de diversidad mediante la ejecución de un programa de conservación y uso sostenible de los recursos en bosques secos, húmedos de los Andes y Amazonía; para lo que es necesaria la consecución de distintos objetivos.

En concreto, el presente proyecto, forma parte del Objetivo específico 1, en el que se propone “desarrollar un programa de investigación para evaluar el estado de conservación y la variabilidad genética de los recursos genéticos forestales priorizados en las áreas de acción”, siendo la que compete a la presente investigación la sub-cuenca del río Quijos:

La realidad de las amenazas a la biodiversidad en general y a los recursos forestales en particular, ha quedado de manifiesto en las múltiples políticas vistas en los apartados anteriores:

La adopción, en 1992, del Convenio de Diversidad Biológica, la firma del Protocolo de Kyoto y demás actuaciones a escala mundial (ver apartado 1.2.1) ya nos indicaba que la preocupación por el medio ambiente y la biodiversidad se había extendido a todo el mundo y que desde todos los países se alzaban las voces solicitando la necesidad de llevar a cabo acciones que pudiesen luchar contra las amenazas que, desde el IPCC, ya afirman como reales (ver apartado 1.1.1).

No solo el cambio climático, sino las cifras alarmantes de la deforestación en el mundo, en Ecuador, y en concreto del Valle del Quijos a lo largo de la historia (ver apartados 1.1.1, 1.1.2 y 1.1.3) aumentan, más si cabe, la certeza de la necesidad urgente de un estudio que analizase hasta qué punto se podría ver afectada la biodiversidad de Ecuador ante tales amenazas.

Lo que se busca mediante la realización del presente proyecto es esto mismo: determinar en qué nivel las inquietudes mundiales sobre cambio climático y deforestación han afectado a la biodiversidad de una zona de gran valor en Ecuador, el Valle del Quijos (ver apartado 2.2). Para ello nos valdremos de modelos de evolución de las áreas de distribución de las especies de acuerdo con el cambio climático previsto, de las directrices de La Lista Roja de la UICN (apartado 1.3), que nos indicarán el grado de amenaza según criterios globales, y del análisis del efecto del cambio de uso del suelo mediante la realización de diferentes muestreos.

En el Valle del Quijos se complican las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático debido al gran peso que desde siglos ha tenido la actividad ganadera (ver apartado 1.1.3). Por



1. Introducción

ello es de urgente necesidad la generación de información que nos indique qué factores, climáticos (cambio climático) o antropogénicos (cambio de uso del suelo), son los determinantes en la degradación de las especies principales de la sub-cuenca. Es imprescindible conocer a fondo el problema, saber en qué grado están amenazadas y, así, poder plantear soluciones a medida que nos permita aplicar estrategias nacionales y globales de adaptación y mitigación (apartado 1.2.1 y 1.2.2) y poder coordinarlas con las ya presentes en la sub-cuenca (apartado 1.3.3). De esta forma, pondremos las bases para futuras acciones, y empezaremos el camino para poder aplicar la metodología a diferentes especies de interés de la sub-cuenca.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

El objetivo general de este trabajo es contribuir al objetivo específico 1 del Programa GENFORESTAL en la zona de Amazonía ecuatoriana, en concreto en la sub-cuenca del río Quijos, evaluando el estado de conservación de las dos especies forestales más relevantes.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Priorizar, mediante Diagnóstico Rural Participativo, las dos especies forestales más relevantes en la zona de estudio.
2. Modelizar la evolución del área de distribución potencial de las dos especies priorizadas atendiendo a las previsiones de cambio climático.
3. Evaluar el estado de conservación de las dos especies priorizadas.
4. Determinar el efecto del cambio de uso del suelo en las dos especies priorizadas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Descripción del país

La república del Ecuador, con una extensión de 256.370 km², se ubica en el extremo occidental de América del Sur, sobre la línea ecuatorial, por lo que su territorio se encuentra en ambos hemisferios. Limita al norte con Colombia, al sur y este con Perú y al oeste con el Océano Pacífico. Está dividido en cuatro regiones geográficas: Región Pacífica o Costa, de entre 100 y 200 km de ancho y de superficie relativamente plana con pequeñas cadenas montañosas; Región Andina o Sierra, que incluye las áreas ubicadas sobre los 1300 msnm hasta la cúspide de las montañas; Región Amazónica u Oriente, que corresponde a los territorios ubicados por debajo de los 1300 msnm de las estribaciones orientales de los Andes; y Región Insular o Archipiélago de Galápagos. Entre las cuatro regiones se distribuyen 22 provincias y 214 cantones (figura 2.1) (MAE, 2010; Grijalva, 2012).

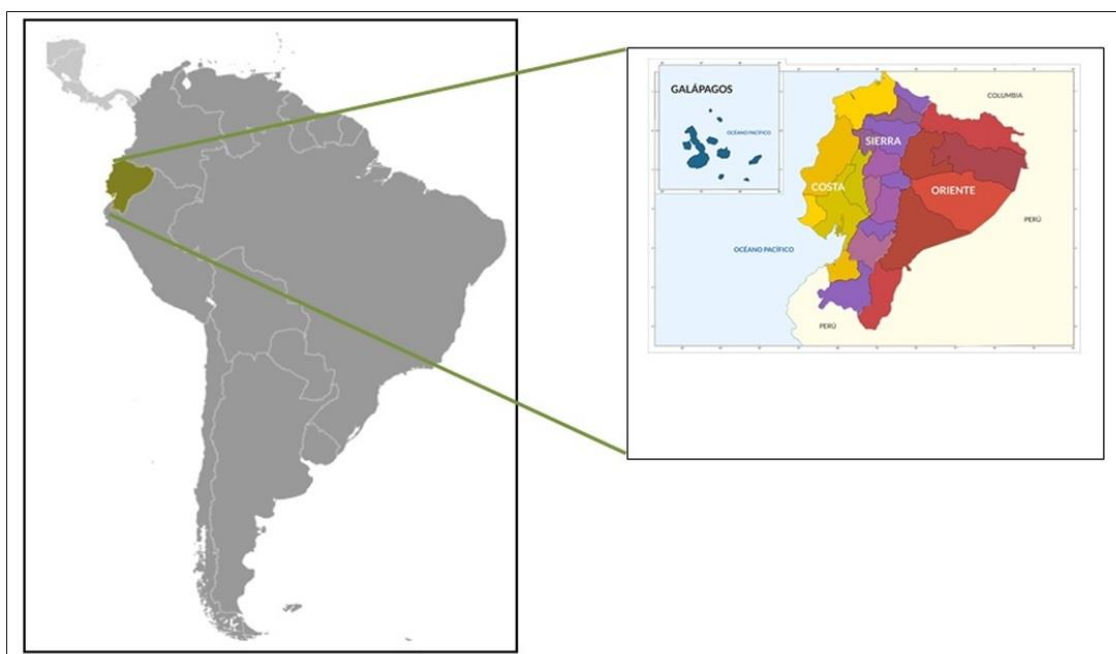


Figura 2.1 Situación de Ecuador y detalle de regiones.

Fuente: The World Factbook y Embajada del Ecuador en la República Popular China. Elaboración propia.

Ecuador posee siete biomas: bosques húmedos tropicales, bosques secos tropicales, sabanas, matorrales xerofíticos, bosques montanos, páramos y manglares, 25 zonas de vida, 18 formaciones geobotánicas y 16 tipos de vegetación (MAE, 2010). Sin embargo, según Sierra (Sierra et al., 1999; citado por Grijalva, 2012), autor de la clasificación más actualizada existente, los grandes ecosistemas forestales del país pueden ser clasificados en seis categorías: manglar, bosques, matorral, espinar, sabana y páramo.



2.1.1 Desarrollo humano y objetivos de desarrollo del milenio

Análisis superficial de los Índices de Desarrollo Humano

Según los datos del último censo (2010) del Instituto Nacional de Estadística del Ecuador (INEC) la población del Ecuador asciende a 14.483.499 habitantes. Las poblaciones urbana y rural representan el 62,8 y el 37,2%, respectivamente, del total. En la Sierra y la Costa se concentra la mayor proporción de la población. Alrededor del 72% de la población total se define como mestiza y el resto se define equitativamente entre población montubio, afro-ecuatoriana, indígena y blanca (INEC, 2010).

Otros datos sociales de interés se muestran en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Datos sociales de Ecuador

Población (2010)	15.814.678 habitantes	Urbana (2011)	62,8%
		Rural (2011)	37,2%
Edad media de la población	28,4 años		
Tasa Bruta de mortalidad (2010)	5,0%		
Promedio vida hombres (2011)	72,79 años		
Promedio vida mujeres (2011)	78,82 años		
PIB per cápita (2011)	7443,00 millones de USD		

Fuente: UNDP: <http://www.undp.org.ec/datosSocialesEcuador.html> e INEC 2010.

Elaboración propia.

En cuanto a los Índices de Desarrollo Humano (IDH) elaborados por el PNUD (PNUD, 2013), se puede afirmar que, desde el año 2007, Ecuador ha realizado un gran avance al conseguir adelantar 10 puestos, quedándose, a fecha 2012, en el 89, dentro del grupo de Desarrollo Humano Alto. No obstante, si se ajusta dicho índice con la desigualdad, IDH ajustado por desigualdad (IDH-D), se obtiene que Ecuador bajaría del actual puesto número 89 al 97, lo que indica una desigualdad en las tres dimensiones que refleja el IDH-D: distribución de salud, educación e ingresos, donde el IDH de una persona promedio de cualquier sociedad será inferior al IDH general. En cuanto al Índice de Desigualdad de Género, se encuentra en el puesto 83, con un valor de 0,442, mejorando la media mundial de 0,463. En las encuestas mundiales de salud realizadas durante el año 2003, el PNUD obtuvo un Índice de Pobreza Multidimensional para Ecuador de 0,009%, porcentaje de la población sujeta a condiciones de pobreza multidimensional ajustado por la intensidad de las carencias; resultando que 2,2 % de la población se encuentra en condiciones de pobreza multidimensional y un 0,6% en condiciones de pobreza extrema (tabla 2.2).

Tabla 2.2 Otros datos de desarrollo Humano de Ecuador.

Índice	Unidad	Año	Puesto / Valor
IDH		2012	89
IDH-D		2012	97
Índice de Desigualdad de Género		2012	83
Índice de Pobreza Multidimensional		2003	0,009%
Esperanza de vida al nacer (años)	Años	2012	75,8
Años promedio de escolaridad	Años	2010	7,6
Años esperados de escolaridad	Años	2011	13,7
Ingreso nacional bruto (INB) per cápita	USD	2012	7.471
Clasificación según el INB per cápita menos la clasificación según el IDH		2012	7
IDH no referida a ingresos		2012	0,772

Fuente: PNUD 2013. Elaboración propia

Los datos referentes a investigación son algo preocupantes. El porcentaje del PIB que el país dedica a investigación es tan solo del 0,3% durante el periodo 2005-2010, se cuentan 106,1 investigadores por cada millón de personas (periodo 2002-2010) dedicándose a ciencia e ingeniería un 12,8% del total de la población (2002-2011). Con todo ello resulta lógico el programa de becas que desde el año 2012, por medio de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), el Gobierno está concediendo a los estudiantes ecuatorianos interesados en la realización de maestrías y doctorados en el extranjero, como manera de impulsar y mejorar la investigación en el país (PNUD 2013).

Objetivos de Desarrollo Del Milenio

Desde septiembre de 2000 Ecuador suscribió la declaración de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), comprometiéndose a su cumplimiento hasta el año 2015. En el II Informe Nacional (CISMIL, 2007) se presentan los logros del país en esta materia, objetivo a objetivo, que son los que siguen:

- OBJETIVO 1: erradicar las pobreza y los problemas alimentarios. Se ha conseguido una reducción de 5 puntos porcentuales (de 37,6% a 32,8%) en la pobreza nacional y 8 en la rural (de 60,6 a 52,9%).
- OBJETIVO 2: lograr la educación básica universal. La tasa neta de matriculación primaria se ha incrementado cerca de 4 puntos porcentuales (89,3% a 93,2%) en el periodo 2006-2010. En cuanto a las niñas esta tasa ha aumentado también 4 puntos en el mismo periodo (91% a 95%). En el caso de los indígenas la tasa casi se ha duplicado.
- OBJETIVO 3: promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de las mujeres. En las tasas de matrícula la mujer se ha mantenido en equidad. En cuanto a vida democrática se refiere, con fecha 2009, existe un 40% de mujeres asambleístas nacionales, 31 % provinciales, 22% vocales de juntas parroquiales y 31% de concejales urbanos.
- OBJETIVO 4: reducir la mortalidad de la niñez. La meta en 2015 es reducirla a un 10,1% siendo en 2009 de un 11,2%

2. Material y métodos

- OBJETIVO 5: mejorar la salud materna. Entre 2006 y 2009 se incrementó en 5 puntos porcentuales la atención a madres en los centros de salud (llegando a 54,8% en cobertura de parto institucional).
- OBJETIVO 6: detener y empezar a reducir el VIH/SIDA, el paludismo y la tuberculosis. Reducción de la tuberculosis pulmonar a escala nacional al 31% en el 2010.
- OBJETIVO 7: garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. A través del programa Socio Bosque se protege más de 629.476 ha de bosque en colaboración con comunidades locales. La proporción de hogares que contaba con acceso a agua potable por medio de tuberías aumento de 69 al 72 % durante el periodo 2006-2010. EN 2010 el porcentaje de hogares con sistema de eliminación de excreciones fue de 92%.
- OBJETIVO 8. alianzas para el desarrollo. Constante tendencia decreciente en el nivel de concentración de las exportaciones por país de destino, pasando de 0,76 a 0,69 en el periodo 2006-2010.

2.2 Descripción del área de estudio

2.2.1 Ubicación geográfica

La sub-cuenca hidrográfica del río Quijos se encuentra ubicada en la región amazónica de Ecuador sobre la cordillera Oriental de los Andes, rodeada de páramos, matorrales, bosques e innumerables lagunas (Cañadas, 1983; Valencia, 2010).

Con una altitud media de 2865 msnm, la sub-cuenca forma parte de la cuenca alta del río Napo ocupando 174.833,68 ha que representan el 14% del total de la superficie de la provincia de Napo. Los cantones que forman parte de la sub-cuenca son: Quijos (Parroquias: Cuyuja, Papallacta, Baeza, Sumaco, San Francisco de Borja y Cosanga) y El Chaco (Parroquias: Sardinas, Gonzalo Díaz de Pineda, Linares, Santa Rosa y El Chaco (figura 2.2) (Valencia, 2010).

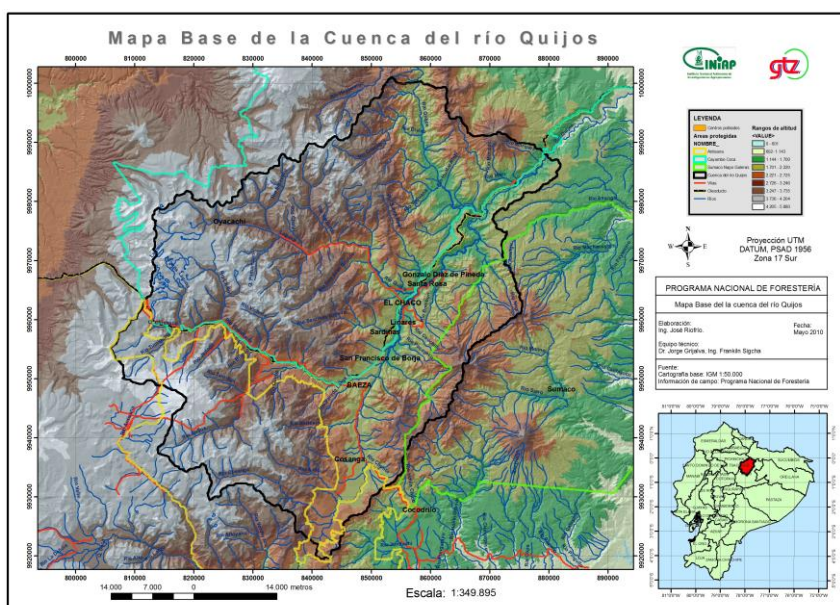


Figura 2.2 Mapa base de la sub-cuenca del río Quijos.

Fuente: Programa Nacional de Forestería, INIAP 2011.

2.2.2 Características climáticas predominantes

El clima de la sub-cuenca del río Quijos se encuentra influido por los regímenes climáticos occidental y oriental que prevalecen en el país, siendo condicionado por la corriente cálida de El Niño y la fría de Humboldt. Los valores medios de la humedad relativa fluctúan entre 85 y 93%. El patrón de las precipitaciones es muy variable, dependiendo de la zona. Se pueden alcanzar rangos de 1000 a 2000 mm anuales en la sub-zona alta y aumentar a 3000 mm en la baja (figura 2.3). En general, se diferencian dos estaciones: la lluviosa, de febrero a abril y de octubre a diciembre, y la seca, el resto del año. Existe una fuerte variación espacial de la temperatura como consecuencia de la gran variación altitudinal. Así, la temperatura media anual varía entre 9,4°C y 16,2°C (figura 2.4) (Valencia, 2010).

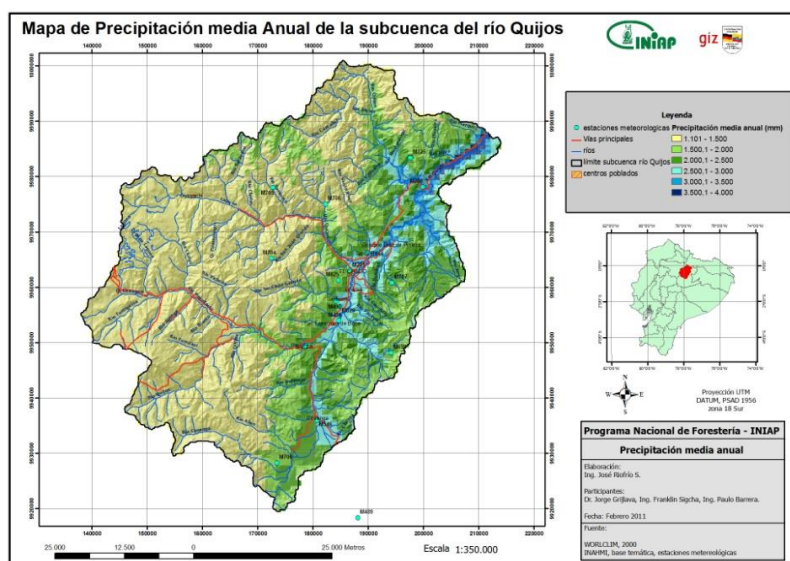


Figura 2.3 Precipitación media anual en la sub-cuenca del río Quijos.

Fuente: Programa Nacional de Forestería, INIAP 2011.

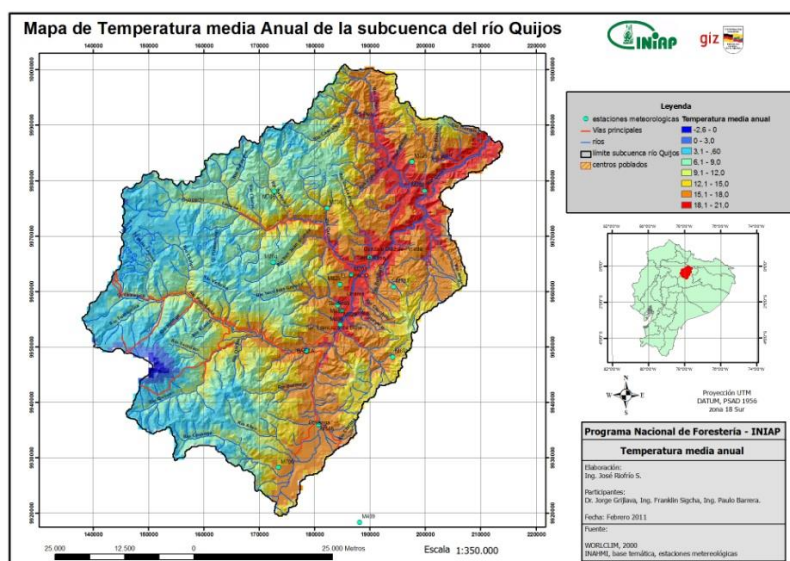


Figura 2.4 Temperatura media anual en la sub-cuenca del río Quijos

Fuente: Programa Nacional de Forestería, INIAP 2011.

2. Material y métodos

2.2.3 Ecosistemas característicos

Según Valencia (2010), en el valle del Quijos se identifican las siguientes zonas de vida (figura 2.5):

- Bosque húmedo Montano (bhM): se localiza hacia el este de la cuenca con temperaturas anuales entre los 12 °C y 18 °C, con altitudes entre los a 1200 y 2000 msnm.
- Bosque húmedo Montano Bajo (bhMB): localizado hacia el centro y sur de la cuenca, con temperaturas promedio anuales entre 6 °C y 12 °C, y altitudes entre los 2000 y 3000 msnm.
- Bosque muy húmedo Sub Alpino (bmhSA): hacia el oeste de la cuenca, a lo largo de la Cordillera Real, con temperaturas promedio entre 3 °C y 6°C, y un rango altitudinal entre 3000 y 4000 msnm.
- Bosque muy húmedo Alpino (bmhA): por encima del bmhSA y con temperaturas promedio anuales de 1,5 °C y 3 °C y alturas superiores a los 4000 msnm.
- Nival y nieves perpetuas: localizado principalmente en el área del Volcán Antisana, con temperaturas entre los 0 °C y 1,5 °C. El rango altitudinal es de 4500 a 4750 msnm.

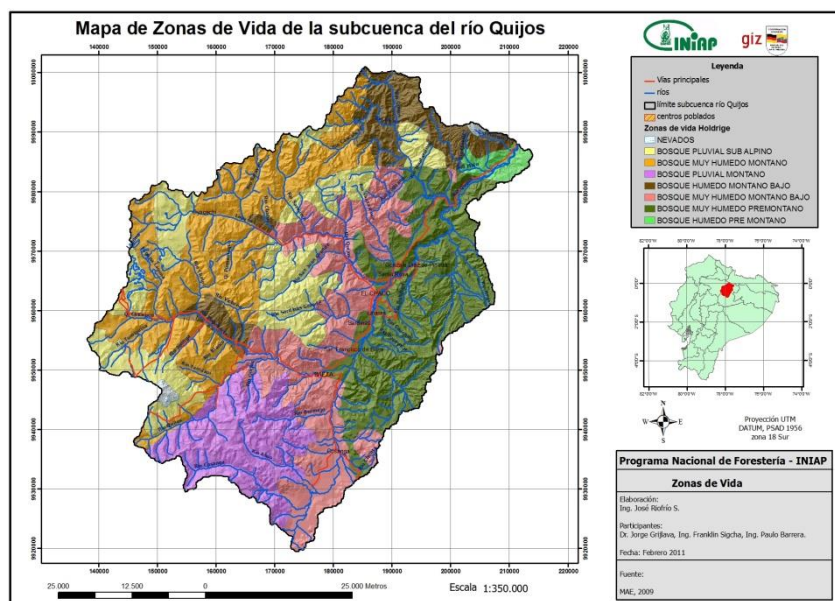


Figura 2.5 Zonas de vida en la sub-cuenca del río Quijos

Fuente: Programa Nacional de Forestería, INIAP 2011.

2.2.4 Hidrografía y Geomorfología

El río Quijos es un río de montaña, que cuenta con muchos rápidos y saltos en su recorrido de aproximadamente 44,5 km y está caracterizado por contener una gran cantidad de sedimento proveniente del fenómeno erosivo de la lluvia en las laderas. Cuenta con numerosos afluentes, entre ellos el Papallacta, Cambayacu, Jatunquinajua, Zizaplaya, Guagrayacu, Machángara, Parada Larca, Cosanga, Sardinias Grande y Chico, Borja, Oyacachi, Santa Rosa, San José, Bombón y Pacayacu (MAE, 2002). El relieve de la Sub-Cuenca está íntimamente relacionado con la formación de la cordillera de los Andes, con procesos morfogenéticos y la litología de

formaciones geológicas. Por lo general, los relieves son bastante altos, variables y cortados, con predominio de fuertes pendientes y formas abruptas de micro-dirección. En las zonas próximas a los ríos se encuentran relieves planos con pendientes suaves y bien drenadas (MAE, 2002). Gran parte de la extensión de la sub-cuenca está encerrada por tres áreas protegidas: Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras, Reserva Ecológica Antisana y Parque Nacional Cayambe-Coca.

2.3 Diagnóstico Rural Participativo

Por su adecuación a nuestros objetivos y la situación social, política y económica de la comarca, el Diagnóstico Rural participativo ha sido el método seleccionado para elegir las dos especies forestales arbóreas más relevantes de la zona de estudio.

2.3.1 ¿Qué es un DRP?

El Diagnóstico Rural Participativo (DRP) ha sido definido por Schonhuth (1994) como “una actividad sistemática, semiestructurada, realizada sobre el terreno por un equipo multidisciplinario y enfocada a la obtención rápida y eficiente de informaciones e hipótesis nuevas sobre los recursos y la vida en ámbitos rurales”.

2.3.2 Realización del DRP

Las razones para la aplicación del DRP en la determinación de las dos especies a evaluar fueron, en primer lugar, el hecho de que son los habitantes de la zona, productores que utilizan y conviven día a día con los recursos forestales, los que más conocimiento tienen sobre la flora del lugar, y en segundo lugar, que serán ellos los afectados directos por las futuras acciones de conservación y manejo de los recursos forestales que pudieran desprenderse de los resultados y conclusiones del presente estudio.

Los criterios fundamentales de priorización de los recursos forestales se relacionan con el uso que los productores dan a las diferentes especies, el cual ponderaron por votación individual proporcionando puntuaciones a aquellas cinco especies de mayor importancia dentro de la lista final que se obtuvo. Las dos especies con mayor puntuación fueron las que se consideraron para el estudio.

Revisión de información secundaria

Se hizo una revisión de estudios realizados con anterioridad por el INIAP en la zona. De este modo, del proyecto PC-Quijos llevado a cabo durante los años 2010-2012 en la sub-cuenca alta del río Quijos y Sardinas y en la sub-cuenca media-baja, se obtuvieron dos listas previas de especies forestales priorizadas por varias comunidades del área de acción.

Convocatoria

Para la realización del DRP es necesario identificar y convocar a informantes clave, siendo éstos “personas que tienen acceso a la información más importante sobre las actividades de una comunidad, grupo o institución educativas, con suficiente experiencia y conocimientos sobre el tema abordado en la investigación; con capacidad para comunicar esos conocimientos y, lo que es más importante, con voluntad de cooperación” (Rodríguez, 1996). En este caso se

2. Material y métodos

reconocieron, con ayuda de promotores forestales del INIAP ubicados en la parroquia Sardinias, a personas con actividad o contacto con el mundo forestal o agrícola, conocedoras de la flora del área así como de costumbres y usos tradicionales de los recursos forestales. Se convocó a tres representantes de cada parroquia con este perfil, haciendo un total de 33.

Realización del taller

El taller se dividió en cinco fases:

- Introducción: se explicó el motivo del taller y los objetivos y alcance del presente estudio.
- Modificación de la lista previa: se expuso un póster con el resultado del registro de especies de investigaciones anteriores. Sobre esta lista los asistentes confirmaron, retiraron y añadieron especies según su propia experiencia de la flora de la zona, dando como resultado una nueva lista a la que llamaremos *lista modificada*.
- Ponderación de la *lista modificada*: se repartió a cada participante una copia de la *lista modificada* sobre la que seleccionó de forma individual aquellas cinco especies que considerase más importantes, asignando a cada una de ellas, en función de la importancia dada, una de las cinco pegatinas de distintos colores entregadas. La relación entre importancia y color se representa en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Relación entre colores de las pegatinas, importancia y valoración.

Color pegatina	Rango de importancia	Valor de ponderación
Amarilla	1	0,45
Azul	2	0,25
Roja	3	0,15
Amarilla con X dibujada	4	0,10
Rosa	5	0,05

Fuente: INIAP 2012. Elaboración propia

- Análisis de las ponderaciones: realizado sobre un documento en Excel en el que se disponen en la primera fila las especies de la lista definitiva, y en la primera columna los cinco rangos disponibles. De cada especie se tuvieron en cuenta las frecuencias f_n asociadas a cada rango n , y el valor v_n específico de este. El valor ponderado final v_f de cada especie i es el resultado de la sumatoria de la multiplicación de las frecuencias asociadas a cada rango por su valor ponderado.

$$v_{fi} = \sum_{n=1}^{n=5} (f_n \times v_n)$$

Mediante ésta ponderación se obtuvo el ranking de las 33 especies de la *lista definitiva*, siendo las dos primeras las especies a estudio.

2.4 Descripción de las especies a estudio

***Cedrela montana* Moritz ex. Turcz**

Cedrela montana Moritz ex Turcz (tabla 2.4) es un árbol caducifolio que puede alcanzar 25 m de altura. Crece en los bosques húmedos montano bajo (bhMB) desde los 1800 hasta los 3200 msnm con temperaturas medias entre los 10°C y 20°C y precipitaciones anuales de 500 a 2000mm (Prado, 2000; Rodríguez, 2003).

Su corteza externa, de 6 mm de espesor, es de color pardo grisácea, mientras que la interna posee un color crema y cierto olor a ajo. Sus hojas son alternas paripinnadas de siete foliolos (Rodríguez, 2003).

La floración se inicia en el mes de junio, extendiéndose la fructificación hasta noviembre, ya que no todos los árboles florecen al mismo tiempo. El pico de fructificación se alcanza en la estación más lluviosa del año (Ligia, 2007).

Los usos predominante son: fabricación de muebles, ebanistería, instrumentos musicales madera industrial y uso medicinal (Remache, 2011; MAPFORGEN: <http://www.mapforgen.org/>).

Está considerada En Peligro (EN) por la Lista Roja de la UICN (UICN: <http://www.iucnredlist.org/search>).

Tabla 2.4 Clasificación taxonómica de *Cedrela montana*.

<i>Cedrela montana</i> Moritz ex. Turcz	
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Ronales Takht.
Orden	Sapindales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia	Meliaceae Juss.
Género	<i>Cedrela</i> P. Browne
Especie	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex. Turcz
Nombre común	Cedro

Fuente: www.tropicos.org. Elaboración propia.

***Erythrina edulis* Triana ex. Micheli**

El género *Erythrina* comprende cerca de 115 especies distribuidas alrededor de las regiones tropicales y subtropicales: 70 especies se encuentran en los Neotrópicos, 31 en África y 12 en Asia-Oceanía (Krukoff & Barneby, 1974; citado por Gómez, 2012). Se presentan en una amplia variedad de hábitats: bosque tropical lluvioso de tierras bajas, bosques montanos de coníferas por encima de los 3000m o desiertos subtropicales muy áridos (Neill, 1993; citado por Gómez, 2012).



2. Material y métodos

Erythrina edulis (tabla 2.5) es un árbol de tamaño mediano que puede alcanzar los 50 cm de DAP. Sus hojas, compuestas pinadotrifoliadas, son semicoriáceas, con el foliolo central simétrico o acuminado más grande que los laterales, que son asimétricos y también acuminados. Los foliolos, tienden a ser ovalados, principalmente cordiformes, glabros o subglabros y de color siempre verde. Las flores van de una tonalidad naranja a rojo carmín y están grupadas en inflorescencias definidas, de tipo racimo, de hasta 45 cm de longitud. Los frutos son legumbres lampiñas con dos valvas. Crecen en racimo, pudiendo llegar a los 55 cm de largo, conteniendo hasta 11 semillas. El color de las vainas varía desde verde claro a verde intenso pudiéndose observar fenotipos con frutos de color verde jaspeados con puntos rojos. (Gómez, 2012).

Se distribuye desde Panamá hasta Bolivia en un rango de altitud desde los 1200 hasta los 2600 msnm y requiere entre 1500 a 2000 mm de lluvia al año.

Los usos determinados son: alimentación. Sus semillas son empleadas en la elaboración de alimentos y como postes para cercas vivas.

Actualmente no se encuentra registrada en la Lista Roja de la UICN.

Tabla 2.5 Clasificación taxonómica de *Erythrina edulis*.

<i>Erythrina edulis</i> Triana ex. Micheli	
División	Magnoliophyta
Clase	Equisetópsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Ronaseae Takht.
Orden	Fabales Bromhead
Familia	Fabaceae Lindl.
Género	<i>Erythrina</i> L.
Especie	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex. Micheli
Nombre común	Porotón

Fuente: www.tropicos.org. Elaboración propia.

2.5 Modelización de la evolución de la idoneidad de hábitat.

Se utilizó el programa de modelización de distribución potencial (MDP) MaxEnt, con el que se elaboraron sendos mapas de idoneidad de hábitat: uno actual y otro futuro (año 2070), para cada una de las dos especies.

2.5.1 ¿Qué es un MDP?

Felicísimo et al. (2011) definen los modelos de distribución potencial (MDP) de un taxón como: “mapa que representa lo adecuado o inadecuado del territorio para la presencia de la especie en una escala continua que suele ajustarse al rango 0-1 (0: incompatible, 1: idóneo)”. De este modo, si un punto del mapa tiene un valor próximo a 1 significará que las variables utilizadas en el modelo en ese punto son muy similares a las existentes en aquellas zonas con presencia

actual de la especie. En este proyecto se tomarán los valores en porcentaje, por lo que la idoneidad fluctuará entre 0 % (incompatible) y 100% (compatible).

Los autores recogen, así mismo, los aspectos más importantes sobre las interpretaciones que se pueden hacer de los resultados de estos modelos:

- Pueden integrar una enorme cantidad de información y analizar las interdependencias entre las variables de forma compleja, algo imposible de hacer sin este tipo de herramientas
- Usan información real, no subjetiva, estableciendo relaciones matemáticas independientemente de las posibles opiniones del investigador.
- Son repetibles y contrastables, pudiendo estimar tanto su error como su incertidumbre mediante métodos estadísticos.

Por lo expuesto, estos modelos están siendo ampliamente utilizados en los últimos años, convirtiendo su uso en requisito fundamental para diversos aspectos de planificación y gestión de la conservación (Richardson, 2010).

2.5.2 Fundamento de los MDP

El fundamento de los MDP es utilizar el área de distribución actual como muestra para estimar el área de distribución potencial usando un conjunto de variables abióticas (temperatura, precipitación, relieve, etc.) que puedan explicar dichas distribuciones, al menos parcialmente (Felicísimo, 2011). Se organiza en seis pasos:

1. Localizar geográficamente las presencias del taxón y, si es posible, establecer igualmente puntos de ausencia.
2. Definir un conjunto de variables descriptivas que se utilizarán como predictores para definir un nicho ambiental para cada especie a partir de los datos de presencias y ausencias disponibles.
3. Extraer para cada punto de presencia o ausencia los valores de las variables independientes que le corresponden en esa localización geográfica. El conjunto de registros presencia/ausencia, coordenadas geográficas, valores de variables descriptivas forma lo que se llama muestra de entrenamiento.
4. Establecer una relación estadística entre las variables descriptivas y la variable dependiente (presencia/ausencia). Este proceso consiste en generar un algoritmo que relacione cada combinación de variables independientes con la presencia o ausencia de la especie analizada. Esta relación se denomina modelo estadístico, y expresa la probabilidad de que una especie esté presente en un lugar en función de los valores de las variables descriptivas.
5. Valorar la bondad del modelo estadístico, es decir, hasta qué punto dicho modelo ha podido describir correctamente la relación entre los datos de presencia y ausencia que se le ha suministrado.
6. Construir el modelo cartográfico o modelo de distribución potencial (MDP) a partir del modelo estadístico. Este procedimiento se realiza etiquetando cada punto del área de estudio con el valor de probabilidad que le corresponda en función de los valores de las variables independientes en ese punto.

2.5.3 Elaboración del MDP mediante el algoritmo MaxEnt

MaxEnt es el acrónimo de máxima entropía que ha sido adaptado para la construcción de modelos de distribución potencial por Phillips et al. (2004, 2006, 2008; citado por Felicísimo, 2011). Los resultados que nos ofrece MaxEnt incluyen no sólo el MDP sino mucha información que permite a los especialistas analizar las posibles relaciones funcionales que el modelo puede revelar entre la presencia del taxón y las variables descriptivas.

MaxEnt tiene cuatro propiedades que aconsejan su uso (Felicísimo, 2011):

Genera resultados coherentes espacialmente, siempre muestra valores de ajuste situados entre los máximos comparando con otros métodos, se adapta bien a las muestras de tamaño reducido y puede ser automatizado para la producción de grandes cantidades de modelos.

Debido a la escasez de datos de presencia de las dos especies forestales que se estudian, y por lo citado con anterioridad, se considera al programa MaxEnt como la herramienta ideal para el caso que nos ocupa.

Obtención de variables de entrada

Para la elaboración de los mapas de distribución de especies, tanto el actual como el futuro, va a ser necesaria la obtención de diversas variables de entrada: por una parte las localidades de presencia, *samples*, y por otra las capas medioambientales, *environmental layers* (figura 2.6).

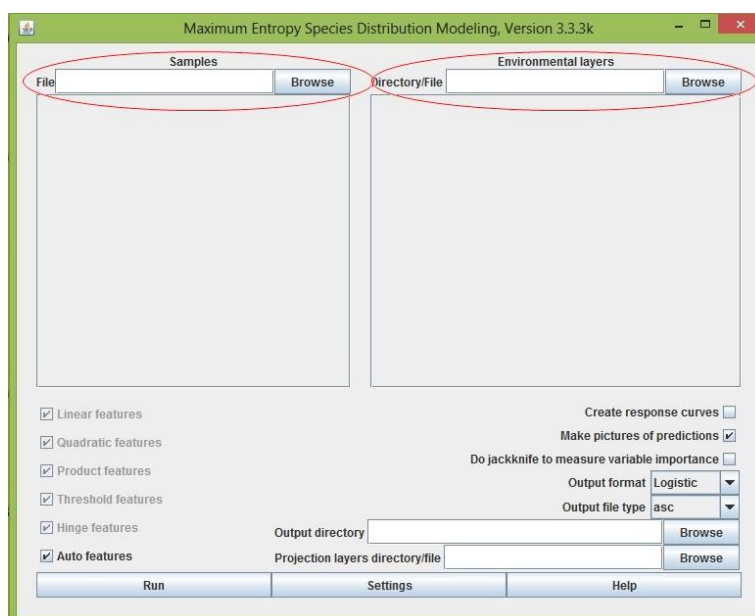


Figura 2.6 Interfaz del programa MaxEnt. En círculo rojo las variables de entrada necesarias.

- Capas medioambientales actuales: son las variables descriptivas que el modelo relacionará funcionalmente con la presencia de las especies.

Por una parte, se descendieron las 19 variables bioclimáticas, nombradas como *Bioclim*, correspondientes a condiciones actuales, *Current conditions*, en formato *ESRI* y con

resolución 30 arc-seconds de la página web: www.worldclim.org, estando codificadas como sigue:

- BIO1 = Annual Mean Temperature
- BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))
- BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)
- BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100)
- BIO5 = Max Temperature of Warmest Month
- BIO6 = Min Temperature of Coldest Month
- BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)
- BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter
- BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter
- BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter
- BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter
- BIO12 = Annual Precipitation
- BIO13 = Precipitation of Wettest Month
- BIO14 = Precipitation of Driest Month
- BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)
- BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter
- BIO17 = Precipitation of Driest Quarter
- BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter
- BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter

- Capas medioambientales futuras: se descargaron de la misma página de libre acceso, www.worldclim.org, los datos correspondientes a condiciones futuras (nombrado como *Future conditions*) del año 2070. Worldclim pone a disposición proyecciones climáticas de modelos climáticos globales (MCG, GCMs por sus siglas en inglés) para cuatro caminos de concentración representativa (CCR, RCPs por sus siglas en inglés) siendo éstas las más recientes proyecciones climáticas de GCM, usadas en el Quinto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Para la elección del modelo climático global a utilizar en el presente estudio se consultó la página web del Proyecto de Adaptación al Cambio Climático (PACC) del Ministerio del Ambiente del Ecuador (<http://www.pacc-ecuador.org/>), además del trabajo realizado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania en cooperación con Capacity Building International Germany (Inwent) (Neira, 2010). En ambas fuentes se describe el proceso de obtención del sistema de modelización regional PRECIS, el cual está basado en modelos realizados por el Centro Hadley en el Reino Unido. Por esto se decidió el uso de los modelos generados por dicho Instituto para la elaboración del MDP futuro.

Existen tres modelos diseñados por el Hadley Centre: HadGEM2-AO, HadGEM2-CC y el HadGEM2-ES. Se utilizó el modelo HadGEM-ES al incluir una mayor cantidad de procesos (tabla 2.6) (HadGEM2 Development Team, 2011).



2. Material y métodos

Tabla 2.6 Configuración de los modelos HadGEM2-AO, HadGEM2-CC y HadGEM2-ES.

Configuration	Processes included
HadGEM2-AO	Troposphere, Land Surface & Hydrology, Aerosols, Ocean & Sea-ice
HadGEM2-CC	Troposphere, Land Surface & Hydrology, Aerosols, Ocean & Sea-ice, Terrestrial Carbon Cycle, Ocean Biogeochemistry
HadGEM2-ES	Troposphere, Land Surface & Hydrology, Aerosols, Ocean & Sea-ice, Terrestrial Carbon Cycle, Ocean Biogeochemistry, Chemistry

Fuente: HadGEM2 Development Team, 2011. Elaboración propia.

Para la elección de los caminos de concentración representativa, se tomó aquellos con escenarios de estabilización media: 4,5 y 6 W/m². Entre estos dos se escogió el referente a 4,5 W/m² al ser tenidos en cuenta en la gran mayoría de escenarios investigados en el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, con un total de 118 (Van Vuuren, 2011).

- Localidades de presencia: se elaboró una base de datos con puntos georreferenciados de presencia de *Cedrela montana* y *Erythrina edulis*. Para ello fue necesaria la colaboración y firma de con distintos herbarios del Ecuador para el acceso a las respectivas bases de datos de los especímenes depositados: Herbario Nacional del Ecuador del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (QCNE); Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (QCA); Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (HESPOCH); Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas (LOJA); Universidad del Azuay, Escuela de Biología, Ecología y Gestión (AZUAY) (datos disponibles on-line en: www.uazuay.edu.ec/HerbarioAzuay/) y datos web de www.tropicos.org (Anexo B).

Estandarización de las variables de entrada

Como se ha mencionado anteriormente, la utilización del software MaxEnt requiere de la introducción de datos para el análisis. Su carga debe realizarse bajo las especificaciones de formato de archivos del programa y cumpliendo con una serie de restricciones, condiciones ambas *sine qua non* para el correcto funcionamiento del programa (tabla 2.7):

Tabla 2.7 Especificaciones y condiciones de formato de las variables de entrada en MaxEnt.

Condiciones	
Capas medioambientales	Localidades de presencia
Formato ASCII	Formato CSV
Mismos límites espaciales	Dentro de los límites de las capas medioambientales
Mismo sistema de referencia	Mismo sistema de referencia
Misma resolución	—
Variables no correlacionadas entre sí	—

Fuente: Phillips, 2014. Elaboración propia.

Para el presente estudio se ha utilizado el sistema de referencia WGS 1984 (World Geodesic System 1984), zonas 17S y 18S y una resolución con tamaño de celda 200 para todas las capas creadas.

Atendiendo a estas condiciones se han realizado una serie de operaciones previas mediante el uso de Arc-GIS para la correcta estandarización de las capas que intervienen en el análisis MaxEnt:

- Capas bioclimáticas:

1. Creación de base cartográfica de referencia: Se trata de crear mediante el programa Arc-GIS una capa en formato *ráster* que contenga los límites del Ecuador continental. En primer lugar habrá que crear un *shapefile* nuevo de tipo poligonal y con sistema de coordenadas UTM WGS84 17S.

Mediante el editor, sobre esta capa poligonal, se crea un cuadrado que abarque toda la zona de Ecuador continental (figura 2.7). Se añades a la tabla de atributos del *shape* el campo de tipo numérico “VALOR” con registros igual a 0. De este modo, al ser combinada con las distintas capas bioclimáticas, no se producirán variaciones de sumas o restas sobre los valores de *pixels* de estos otros *rasters*.

2. Material y métodos

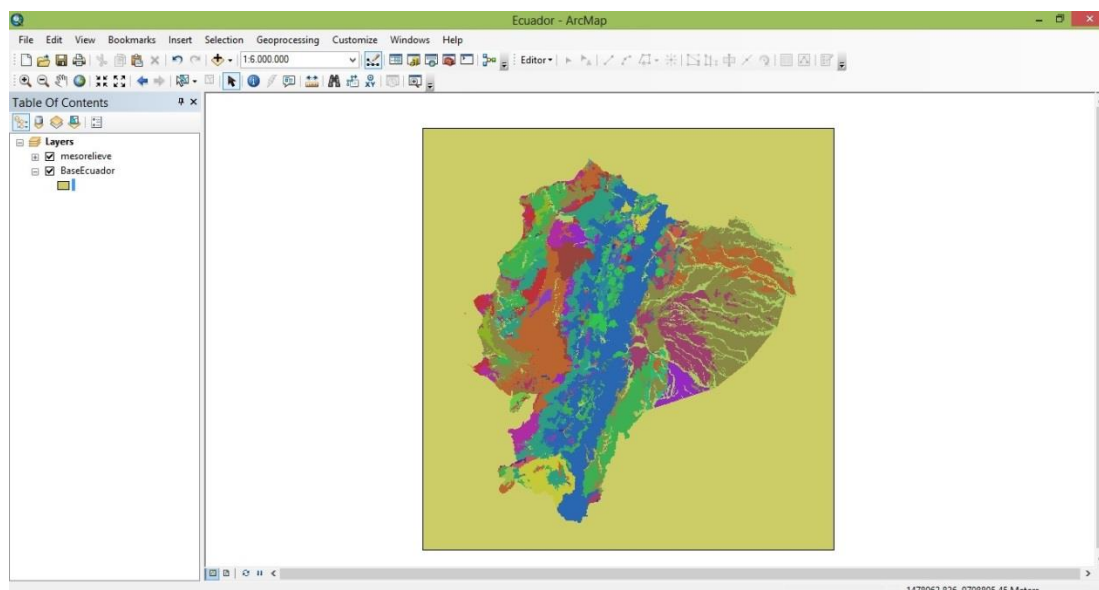


Figura 2.7 BaseEcuador, rectángulo en verde.

Finalmente se exporta el polígono como *ráster*, guardándolo con el nombre *BaseEcuador*. Se especifica un tamaño de celda de 200 y como *Field* se elige el campo VALOR, que será el que usará Arc-GIS para asignar valores al *ráster* creado.

2. Combinación de las capas bioclimáticas con la capa *BaseEcuador*: mediante el uso de la herramienta GIS *Mosaic to New Raster*: se aunaron cada capa bioclimática con la base anteriormente creada. Al abrirse el cuadro de diálogo se cambiaron algunas opciones que vienen por defecto: sistema de referencia WGS 1984 17S; tipo de píxel, *32_Bit_FLOAT*; tamaño de píxel 200; una sola banda, operador máximo de mosaico y modelo de mapa de colores *FIRST*. Se obtuvo de ésta forma capas bioclimáticas con los mismos límites espaciales, cumpliendo con una de las condiciones de formato del programa MaxEnt. Las capas resultantes se nombraron con la letra b seguida de un guión bajo y el nombre original de la capa (por ejemplo: b_mesorelieve).
3. Recorte a límites de Ecuador: mediante la herramienta *clip* de Arc-GIS: se recortaron todas las capas creadas en el paso dos para que tuvieran todas ellas la extensión del límite continental de Ecuador. Se utilizó como capa patrón el *shapefile* "Geomorfología.shp" del MAE. En el cuadro del diálogo se seleccionó *Use Input Features for Clipping Geometry*. En este punto se comprobó que los límites, *Y Maximum*, *Y Minimum*, *X Maximum*, y *X Minimum*, coincidían en todas las capas recortadas. En *Environments* se definió un tamaño de celda de 200x200m.
4. Transformación de las capas a formato ASCII: mediante la herramienta *Raster to ASCII*. Las capas transformadas se nombraron como la capa original, por ejemplo BIO01. Hubo que poner a continuación de cada nombre el sufijo .asc.

- Localidades de presencia:

1. Conversión de las coordenadas sexagesimales a UTM (longitud, latitud).
2. Verificación de los puntos: mediante la proyección de los puntos en Arc-GIS e comprobó si efectivamente todos los puntos de la base de especímenes georreferenciados se encontraban dentro del área de Ecuador continental, y se eliminaron aquellos que se ubicaban fuera.
3. Transformación a formato CSV: se exportaron aquellos puntos situados dentro del área de análisis y se creó un archivo Excel en formato csv al que se denominó *CoordenadasMaxent.csv*, dicho archivo contiene, separado por comas, la información referente a la especie de la que se trata y longitud y latitud de las coordenadas UTM.

2.5.4 Construcción del MDP actual

Para la modelización del MDP actual se usaron como capas las especificadas en la tabla 2.8, todas ellas estandarizadas (ver capítulo “estandarización de las variables de entrada”):

Tabla 2.8 Inputs utilizados para la construcción del MDP Actual

Inputs MDP Actual	
Datos bioclimáticos	Localidades de presencia
Capas bioclimáticas: BIO1 a BIO19	Archivo csv
Mesorelieve de Ecuador	

Elaboración propia.

Introducidas éstas variables la interfaz se muestra como indica en la figura 2.8:

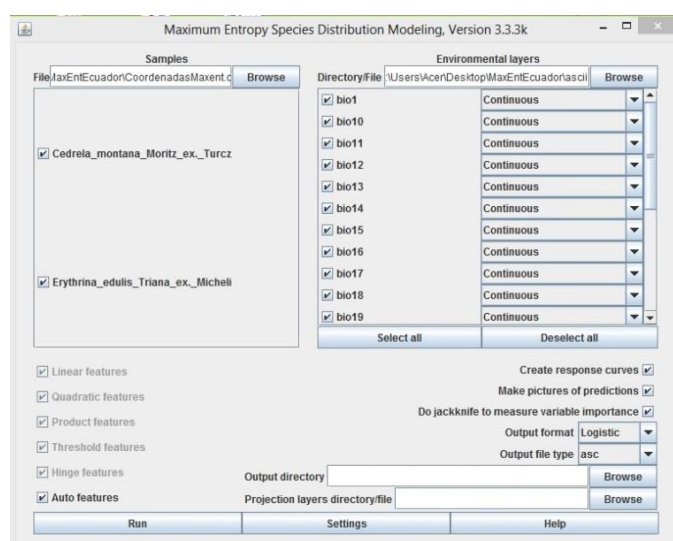


Figura 2.8 Aspecto de la interfaz del programa MaxEnt con los datos cargados.

2. Material y métodos

Una vez cargados los datos, se hizo una modificación en la configuración por defecto que muestra MaxEnt. Para ello en *Settings* se asignó un *Random test percentage* del 20 %, lo que significa que MaxEnt excluirá aleatoriamente del análisis predictivo un 20% de tamaño muestral de datos de las localidades introducidas para posteriormente utilizarlos en la validación del modelo (figura 2.9).

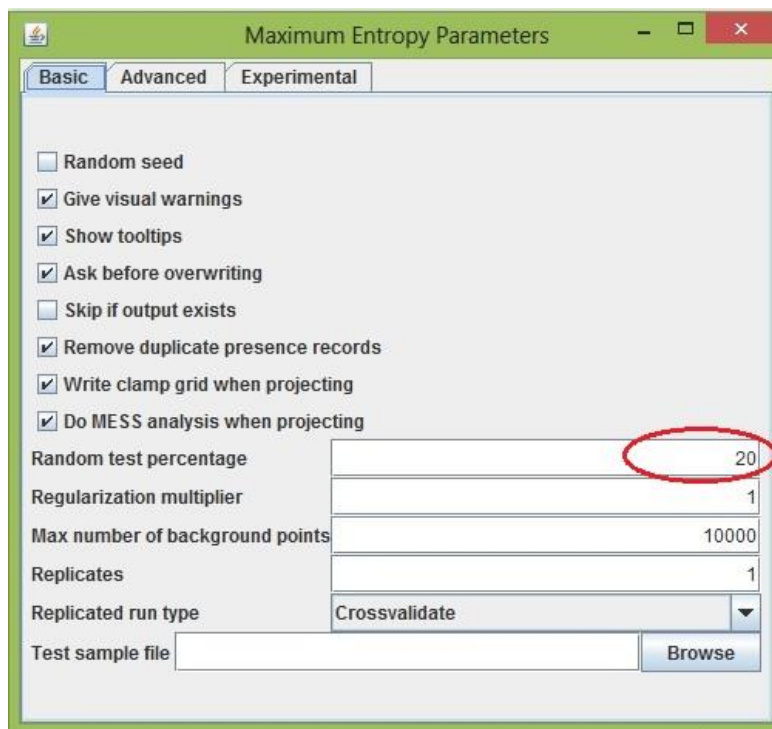


Figura 2.9 Interfaz de Settings de Maxent. En círculo rojo el dato a modificar.

Se activaron las casillas *Create response curves* y *Do jackknife to measure variable importance* (figura 2.10).

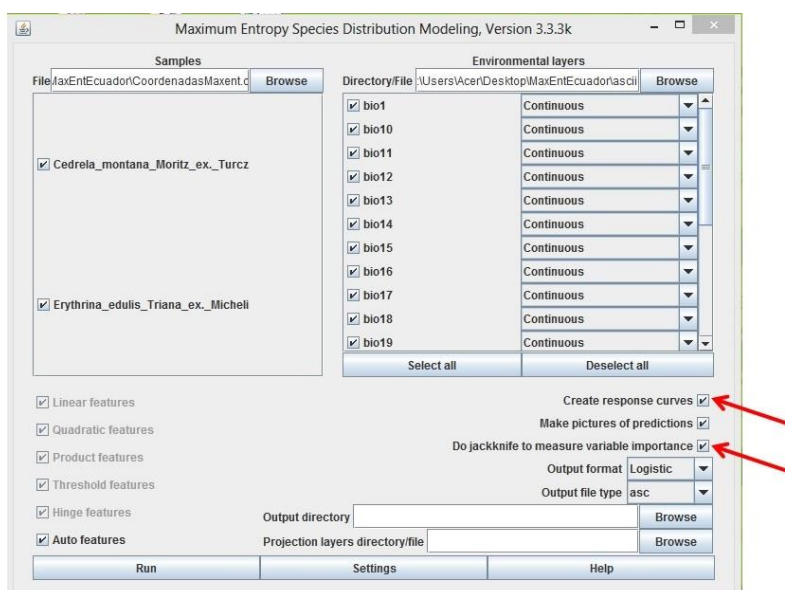


Figura 2.10 Interfaz principal de MaxEnt con las opciones a activar señaladas.

Tras el proceso de los datos, el programa dio como resultado una serie de imágenes, tablas, y archivos en distintos formatos que fueron pulidos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG).

2.5.5 Construcción del MDP futuro

Para la modelización del MDP futuro se usaron como capas las especificadas en la tabla 2.9, todas ellas estandarizadas:

Tabla 2.9 Inputs utilizados para la construcción del MDP Futuro

Inputs MDP Futuro	
Datos bioclimáticos	Localidades de presencia
Capas bioclimáticas futuras: BIO1 a BIO19	Archivo csv

Elaboración propia.

Al igual que para la elaboración del mapa de distribución potencial actual, será necesario elegir un *Random test percentage* del 20% y activar las casillas *Create response curves* y *Do jackknife to measure variable importance* (figuras 2.9 y 2.10).

2.5.6 Interpretación de los modelos

Validación

Como indica Mateo (2011), la evaluación del error en modelización se mide como “la proporción de casos clasificados incorrectamente por el modelo” habiendo dos tipos: “el de comisión, que consiste en clasificar una ausencia como presencia; y el de omisión, consistente en clasificar una presencia como ausencia”.

En el presente estudio el estadístico utilizado para evaluar estos errores, y por lo tanto la calidad de los modelos obtenidos, fue el AUC (Area Under the Curve) o área bajo la curva ROC, por ser el más utilizado (Mateo, 2011) y ser fácilmente evaluable.

Se define el AUC como:

El AUC corresponde a la probabilidad de que, tomando al azar un par de casos, uno de presencia y otro de ausencia (o pseudoausencia), el modelo adjudique a la presencia un valor mayor de idoneidad o probabilidad, y esto para todos los posibles pares de la muestra (Mateo, 2011).

Y su valor:

Puede oscilar entre 0 y 1: un valor de 1 indica que todos los casos se han clasificado correctamente y uno de 0.5 que el modelo no es diferente de clasificar los casos al azar; valores menores a 0.5 indican que el modelo es realmente malo, ya que clasifica erróneamente más casos que el azar (Mateo, 2011).

Además la posibilidad de usarlo para comparar cualquier modelo hace del AUC un estadístico idóneo para su evaluación.

Análisis de las variables de entrada

Mediante las distintas gráficas obtenidas con MaxEnt se analizaron las contribuciones de cada variable medioambiental de entrada al modelo mediante el *output Analysis of Variable Contributions*, tabla que da estimadores de las contribuciones relativas de cada variable medioambiental introducida en el modelo MaxEnt, pudiendo determinar aquellas más influyentes (Phillips, 2014).

2.6 Determinación del estado de conservación.

2.6.1 Determinación del criterio utilizado

Para la evaluación del estado de conservación se ha aplicado el criterio A4c (calidad de hábitat) (IUCN, 2012a) por ser el único criterio factible teniendo en cuenta los datos disponibles (Caranqui, 2012).

Para dicho criterio es necesario calcular el porcentaje de reducción de la población observada, estimada, inferida o sospechada. Esta reducción según la UICN (2012) será medida (para definiciones ver Anexo C):

En un período de 10 años o tres generaciones, dependiendo de cuál sea el período más largo (hasta un máximo de 100 años en el futuro), donde el período de tiempo debe incluir el pasado y el futuro, y la reducción o sus causas pueden no haber cesado, O pueden no ser entendidas, O pueden no ser reversibles, basándose en y cumpliendo al menos una de las opciones (a) a (e):

- (a) observación directa.
- (b) un índice de abundancia apropiado para el taxón.
- (c) una reducción del área de ocupación, extensión de presencia y/o calidad del hábitat.
- (d) niveles de explotación reales o potenciales.
- (e) efectos de taxones introducidos, hibridación, patógenos, contaminantes, competidores o parásitos.

El valor estipulado para categorizar los resultados son los que se muestran en la tabla 2.10:

Tabla 2.10 Categoría asignada en función del valor del porcentaje de reducción de la población obtenido.

Categoría	Código	Valor
En Peligro Crítico	CR	≥ 80%
En Peligro	EN	≥ 60%
Vulnerable	VU	≥ 30%

Fuente: UICN (2012). Elaboración propia.

Para las demás categorías: Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE); se seguirán las directrices descritas por la UICN (2012) (Ver Anexo A).

Lo que se hace con esta metodología es, asimilar el porcentaje de reducción del área climáticamente idónea de la zona de estudio, con el porcentaje de reducción poblacional previsto, haciendo una aproximación del grado de amenaza de cada especie.

2.6.2 Cálculo del porcentaje de reducción de área de distribución potencial

Transformación de los mapas de salida

Se utilizaron como base del estudio los mapas modelados en el apartado 2.5. En total se obtuvieron cuatro mapas: dos en un marco actual y dos en un marco futuro. Para poder manejarlos con ArcGIS fue necesario transformar estos mapas, originalmente en formato *ascii*, a formato *ráster* mediante la herramienta GIS *ASCII To Raster* en la que se indicó un output tipo *float* y una dimensión de celda de 200 píxeles.

Por otro lado, el presente estudio se refiere a la sub-cuenca del río Quijos, por lo que se recortó cada mapa resultante con la herramienta GIS *clip* utilizando como *Output Extent* el *shape cuencalimite.shp*. A estas capas recortadas las llamamos *cedrocuenca*, *erycuenca* (pertenecientes al modelo actual), *cedrocuencaf* y *erycuencaf* (pertenecientes al modelo futuro).

Comparación de áreas

En un primer lugar se determinó el umbral a partir del cual se considera una probabilidad de idoneidad de hábitat aceptable. El área por encima de dicho umbral fue el considerado en los análisis: área que presenta suficiente probabilidad de idoneidad de hábitat, y por tanto, representa el área potencial de distribución de la especie, a la que llamaremos *área factible*.

Se utilizó la metodología descrita por Morueta-Hole (2010) que sitúa dicho umbral en el *10 percentile training presence* lanzado por el programa (figura 2.11), el cual suprime el 10% de las observaciones de presencia más extremas al poder representar errores de registro, poblaciones efímeras, migrantes o la presencia de condiciones microclimáticas inusuales en una celda. Existen dos valores de esta variable, el acumulativo y el logístico, se tomó el valor logístico por ser el utilizado en la modelización.

Cumulative threshold	Logistic threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate	Test omission rate	P-value
1.000	0.018	Fixed cumulative value 1	0.615	0.000	0.000	6.809E-4
5.000	0.099	Fixed cumulative value 5	0.344	0.049	0.000	1.115E-7
10.000	0.225	Fixed cumulative value 10	0.261	0.066	0.000	1.819E-9
1.554	0.026	Minimum training presence	0.539	0.000	0.000	9.396E-5
12.905	0.276	10 percentile training presence	0.235	0.098	0.000	3.649E-10
18.778	0.341	Equal training sensitivity and specificity	0.195	0.197	0.067	1.37E-9
12.540	0.270	Maximum training sensitivity plus specificity	0.238	0.066	0.000	4.41E-10
31.962	0.450	Equal test sensitivity and specificity	0.133	0.246	0.133	3.396E-10
18.254	0.336	Maximum test sensitivity plus specificity	0.198	0.180	0.000	2.749E-11
4.623	0.089	Balance training omission, predicted area and threshold value	0.355	0.016	0.000	1.798E-7
6.690	0.145	Equate entropy of thresholded and original distributions	0.306	0.049	0.000	1.975E-8

Figura 2.11 En rojo: valor del umbral de probabilidad aceptable.

El *área factible* se determinó mediante el uso de herramientas SIG sobre los mapas obtenidos en el apartado 2.5. Se hizo un *Reclassify* escogiendo dos clases (por debajo, y por encima del umbral) y se calculó el área de cada clase con la herramienta *Zonal geometry*.



2. Material y métodos

Se calculó el porcentaje de reducción de área de distribución potencial mediante comparación del *área factible* resultante en el mapa actual y futuro, se calculó el porcentaje de pérdida del *área factible* entre las dos escalas temporales, para las dos especies.

Finalmente se evaluó este porcentaje según la tabla 2.10 para dar una categoría a cada especie.

2.7 Evaluación del impacto del cambio de uso del suelo.

La intensa historia deforestadora, el crecimiento exponencial de transformación de tierras y el efecto que esto ha producido sobre la vegetación de la sub-cuenca del río Quijos no puede ser obviado. Por eso, en una primera aproximación superficial, y como complemento a la evaluación del estado de conservación, se ha querido evaluar también qué efecto ha tenido esta realidad en las poblaciones del cedro y el porotón:

- Por una parte, se realizó una comparación de abundancia, medida como individuos por hectárea, y de distribuciones diamétricas entre áreas con distinto grado de intervención humana, y bajo distintos rangos altitudinales, previamente definidos (Guerrero, 2005; Caranqui, 2012), para lo que hizo falta la planificación de un muestreo descrito a continuación.
- Por otra se determinará, sobre los mapas actuales lanzados para cada especie, la pérdida del área potencial de distribución debida al cambio de uso del suelo

2.7.1 Comparación de abundancias y distribuciones diamétricas

Estratificación del área de estudio

La estratificación según el grado de intervención humana se realizó mediante ArcGIS, de acuerdo con el mapa de coberturas de la sub-cuenca del río Quijos disponible en el Programa de Forestería del INIAP. En él se distinguían diez usos de la tierra: bosque natural húmedo, bosque/cultivo/pasto, vegetación de páramo, pasto cultivado, cultivos de zona cálida, arenal, eriales, nieve, matorral húmedo y cuerpos de agua. Estos elementos se agruparon en dos grupos: bosque primario y bosque intervenido (tabla 2.11):

Tabla 2.11 Clasificación de los grados antropogénicos en función del mapa de coberturas.

Clasificación área de estudio	
ELEMENTOS INICIALES	ELEMENTOS FINALES
Bosque Natural Húmedo	Bosque Primario
Bosque/Cultivo/Pasto	Bosque Intervenido
Pasto cultivado	Pasto
Cultivos de zona cálida	

Arenal	
Vegetación de páramo	
Eriales	
Nieve	No se contemplan
Matorral húmedo	
Cuerpo de agua	

Fuente: Programa Nacional de Forestería, INIAP 2011. Elaboración propia.

Los elementos iniciales (definición obtenida de la capa de *coberturas*) son los siguientes:

- Bosque Natural húmedo: vegetación arbórea con diferente grado de humedad, considerada como producto de la interacción del clima y suelo.
- Bosque/Cultivo/Pasto: bosque/cultivo/pasto
- Vegetación de páramo: vegetación dominante no arbórea con relictos de bosques nativos.
- Pasto cultivado: pasto cultivado
- Cultivos de zona cálida: asociaciones de cultivos de zona cálida, incluye un sistema de explotación en el cual se encuentran los cultivos estacionales como maíz, higuera y soya.
- Arenal: arenal.
- Eriales: áreas desprovistas de vegetación.
- Nieve: nieves perpetuas.
- Matorral húmedo: vegetación lignificada que mantienen el verdor de sus hojas constantemente. Isla.
- Cuerpo de agua: laguna, río doble.

Y los elementos finales:

- Bosque primario
- Bosque intervenido

Diseño del muestreo

Como ya se adelantó, el muestreo no pretende analizar con profundidad el efecto de la actuación humana en los bosques sobre las dos especies. Se trata de una primera aproximación superficial que pueda servir de complemento al análisis de otros tipos de amenazas (cambio climático y cambio de usos del suelo), pero que no pretende cubrir, ni en número de parcelas ni en distribución ni en extensión de las mismas, toda la superficie ocupada por las especies en la zona de estudio.

El muestreo se hizo siguiendo las directrices descritas en el Manual de Campo de la Evaluación Nacional Forestal (MAE, 2012) en el que se utiliza un conglomerado de tres parcelas en forma de L (figura 2.12a). Cada parcela tiene forma cuadrada de 60 x 60 m (figura 2.12b) (Ravindranath, 2008, citado por MAE, 2012). La distancia entre parcelas es de 250 m.

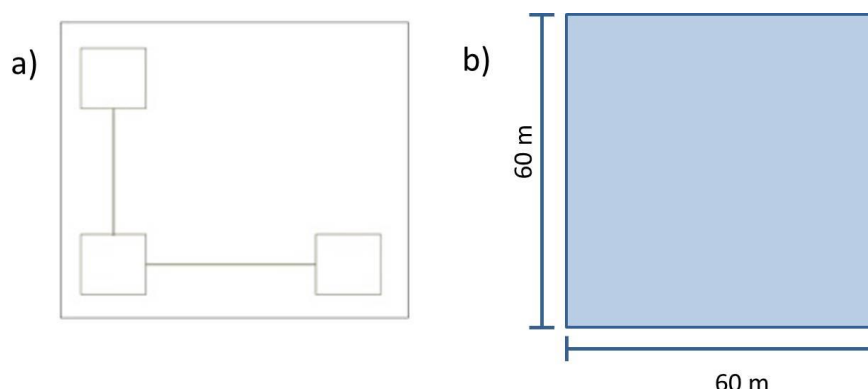


Figura 2.12 a) Forma y distribución de las parcelas en el conglomerado **y b)** Diseño de la parcela.

Fuente: MAE, 2012.

Se midieron en cada parcela los diámetros a altura de pecho, DAP, o normales, de aquellos individuos de las especies priorizadas mayores de 20 cm de DAP.

Todos los datos se apuntaron, junto con los cuatro vértices georreferenciados de la parcela y las coordenadas de cada espécimen encontrado, en el cuaderno de campo.

Planificación de los muestreos

Este tipo de terreno, donde el acceso es difícil, la existencia de cañones, laderas escarpadas y ríos a menudo desbordados, hace que el acceder y caminar por ellos se convierta en una ardua tarea de no conocer los pasos y caminos más sencillos. Así mismo, la repartición de tierras entre familiares hace muy complicada la identificación de los propietarios. Por ello, la cooperación y el apoyo de la población local son fundamentales, como también lo es el identificar personas clave para el acercamiento y confianza con los dueños y para guiar por el difícil terreno de los bosques nublados (MAE, 2012).

Los contactos principales para el presente estudio fueron los líderes de juntas parroquiales y oficinas estratégicas locales, asociaciones y los promotores locales contratados por el INIAP en la Junta Parroquial de Sardinas.

Para concretar las zonas a muestrear, se evaluó el mapa resultante de distribución potencial actual (apartados 2.5.4 y 3.2):

En primer lugar, sobre el *shape* de coberturas de la sub-cuenca del río Quijos facilitado desde el INIAP, se creó una capa con las categorías pasto y bosque intervenido, siguiendo la clasificación definida en la tabla 2.11, a la que se denominó *antropo*. Con esta capa se hizo un clip a los modelos de distribución potenciales con el fin de no tener en cuenta estas zonas en la planificación del muestreo.

Ubicadas las zonas con mayor idoneidad de hábitat se identificaron a conocedores de las mismas que hicieran de guía en el bosque nublado.

En el Bosque Primario se evaluaron tres conglomerados en tres rangos altitudinales:

- > 2500 msnm: conglomerado ubicado en la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda, “El Bombón”. Para la identificación del guía se visitó la Junta Parroquial. Se concretó que

Don Galo Ríos sería el ayudante para la ubicación y levantamiento del conglomerado. La zona a muestrear en un principio, conocida como “Los cedrales” años atrás por sus abundantes y centenarios cedros, no era el área más idónea a muestrear debido a la tala ilegal que, comentaba Don Galo, sufrió el área. Por lo cual, gracias al conocimiento del lugar del guía, se decidió trasladar el muestreo a otra zona, mucho menos accesible, dónde se sabía que existían cedros y porotones.

- 2000 a 2500 msnm: en el sector Yaucana, parroquia de Sardinas. Fue necesario convocar una reunión con el presidente de la parroquia, Don Marco Aguirre, en la que se ofreció como guía Rafael García.
- 1500 a 2000 msnm: con la ayuda de la Junta Parroquial de Cuyuja se contactó con Leo Gómez, guarda forestal del Parque Sumaco-Galeras, que indicó la zona del bosque natural más apropiada para muestrear.

En el Bosque Intervenido se evaluaron dos conglomerados en dos rangos altitudinales:

- 2500 a 3000 msnm: Cuyuja. Esta zona era conocida por Rafael Cagatijo, vocal de la Junta Parroquial de Cuyuja, el cual, junto con Leo Gómez, apoyó en las labores de levantamiento de las parcelas.
- 1500 a 2500 msnm: tuvo lugar en Sumaco. Para la realización de éste muestreo no fue necesaria la colaboración de un conocedor local, puesto que la zona estaba bien definida gracias a los mapas obtenidos mediante el programa MaxEnt. Solo fue necesaria una autorización tácita por parte del dueño del terreno a muestrear.

Medición de diámetros y alturas

El tiempo medio requerido para el levantamiento de los conglomerados, sin contabilizar la ubicación de la zona a estudio ni la identificación de conocedor local, fue de dos días por conglomerado.

El levantamiento se realizó por aplicación del Teorema de Pitágoras. Los ángulos rectos y la dirección eran corregidos con brújula. La evaluación del diámetro se realizó mediante el uso de la forcípula. La georreferenciación de puntos se tomó con un GPS Garmin estándar. Para la toma de medidas de árboles rectos, torcidos, bifurcados, o en pendiente, se adoptaron las consideraciones dispuestas en el Manual de Campo (MAE, 2012).

Comparación de estructuras.

La evaluación final del impacto del uso del suelo se determinó por comparación de la información de estructura de las poblaciones encontradas en las diferentes áreas: bosque natural y bosque intervenido. Para ello se estudió la abundancia de las dos especies priorizadas, definida como el número de individuos por hectárea, y la distribución diamétrica del número total de individuos encontrados en cada área sobre la base de los siguientes DAP: 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100, 100-110, 110-120, 120-130, 130-140, 140-150, 150-160 con la utilización del programa *Excel* (Guerrero, 2005; Caranqui, 2012).



2.7.2 Pérdida de área potencial debida a cambios en el uso del suelo

Se determinó, sobre los mapas actuales modelizados para cada especie (apartado 2.5.4 y 3.2), la pérdida del área potencial de distribución debida al cambio de uso del suelo.

Mediante herramientas SIG, se hizo un *Intersect* de la capa *antropo* (definida en el apartado 2.7.1) con el área denominada *área factible* (ver capítulo “comparación de áreas) de cada especie, y se calculó el área resultante.

Éste será el área con alta probabilidad de idoneidad de hábitat perdido debido al cambio en el uso del suelo y las actividades antropogénicas. Comparándola con el *área factible* actual se determinó el porcentaje de área perdida en cada especie.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Priorizar mediante Diagnóstico Rural Participativo dos especies forestales.

La lista final ponderada quedó como muestra la tabla 3.1. En ella se muestra que las dos especies con mayor puntuación son: *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. Y *Erythrina edulis* Triana ex Micheli.

Tabla 3.1 Resultado de ponderación de especies forestales arbóreas mediante DRP. En verde las dos especies más valoradas.

No. Especie	Nombre vulgar	Nombre científico	Familia botánica	Frecuencia	Valor ponderado	Ranking
1	Cedro	<i>Cedrela montana</i>	Meliaceae	8	3,60	1
2	Porotón	<i>Erythrina edulis</i>	Fabaceae	14	3,40	2
3	Guayaba	<i>Psidium guajava.</i>	Myrtaceae	8	2,50	3
4	Motilón	<i>Hyeronina</i> sp	Euphorbiaceae	11	2,45	4
5	Aliso	<i>Alnus</i> sp	Betulaceae	7	2,40	5
6	Guabas	<i>Ingas</i> sp	Fabaceae	11	1,55	6
7	Nogal	<i>Juglans neotropical</i> Diels	Juglandaceae	9	1,25	7
8	Cascarillo	Por definir	Por definir	3	1,15	8
9	Flor de mayo	<i>Miconia</i> sp	Melastomataceae	10	1,05	9
10	Yagual	<i>Polylepis</i> sp	Rosaceae	3	0,80	10
11	Guadúa	<i>Guadua</i> sp	Poaceae	5	0,65	11
12	Arrayán	<i>Eugenia</i> sp	Myrtaceae	5	0,65	11
13	Pinchimuyo	Por definir	Por definir	3	0,60	12
14	Sauce	<i>Salix</i> sp	Salicaceae	2	0,55	13
15	Choto	<i>Citharexylum montanum</i> <i>var.chimborazense</i> Moldenk	Verbenaceae	3	0,55	13
16	Pumamaqui	<i>Oreopanax</i> sp	Araleaceae	2	0,50	14
17	Canelo	<i>Ocotea</i> sp	Lauraceae	4	0,45	15
18	Morera	<i>Morus alba</i>	Moraceae	2	0,30	16
19	Locma	<i>Pouteria lucuma</i>	Sapotaceae	3	0,30	16



3. Resultados y discusión

20	Granizo	Por definir	Por definir	3	0,30	16
21	Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	Scrophulareaceae	2	0,30	16
22	Chachacoma	<i>Escallonia pendida</i>	Saxifragaceae	2	0,30	16
23	Aguacatillo	Por definir	Por definir	2	0,25	17
24	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Borraginaceae	3	0,25	17
25	Alamoja	Por definir	Por definir	1	0,15	18
26	Quidaja	Por definir	Por definir	1	0,15	18
27	Ishpingo	Por definir	Por definir	2	0,15	18
28	Chilca	<i>Braccharis</i> sp	Compositae	1	0,10	19
29	Higo silvestre	Por definir	Por definir	1	0,10	19
30	Pujín	Por definir	Por definir	2	0,10	19
31	Sinsín	Por definir	Por definir	1	0,10	19
32	Níspero	Por definir	Por definir	1	0,05	20

Fuente: INIAP 2012. Elaboración propia.

Según comentarios de los participantes, ambas especies eran ampliamente utilizadas en la vida cotidiana de los habitantes de la zona, aunque actualmente, al tener más fácil acceso a bienes, el uso ha decaído.

La madera de cedro ha sido desde siempre una madera muy valorada: su resistencia y su color rojizo la hacen idónea para construcción de viviendas. Este hecho ha causado que en la zona existan casos aislados de saca ilegal, como el ocurrido en el área de Gonzalo Díaz de Pineda denominada “Los cedrales”. Dicho espacio, contaba Galo Ríos, era conocido por la existencia de centenarios y extraordinarios ejemplares de cedro, ejemplares que han sido recientemente talados y sacados ilegalmente con cables.

En el caso del porotón la lógica de su posición en el ranking radica en su uso comestible. Las legumbres, de gran tamaño y con alto valor nutritivo, eran y son cocinadas, aunque cada vez menos, siendo parte de la dieta local.

Debido a la variedad de nombres locales asignados a las diferentes especies, todavía no se han podido identificar todas las especies enumeradas.

3.2 Modelización de la evolución de la idoneidad de hábitat.

3.2.1 *Cedrela montana*

El mapa actual de idoneidad climática del hábitat (figura 3.1) de la zona de estudio para *Cedrela montana* muestra un máximo de idoneidad del 87%:

Probabilidad de idoneidad de hábitat actual: *Cedrela montana* Moritz ex. Turcz

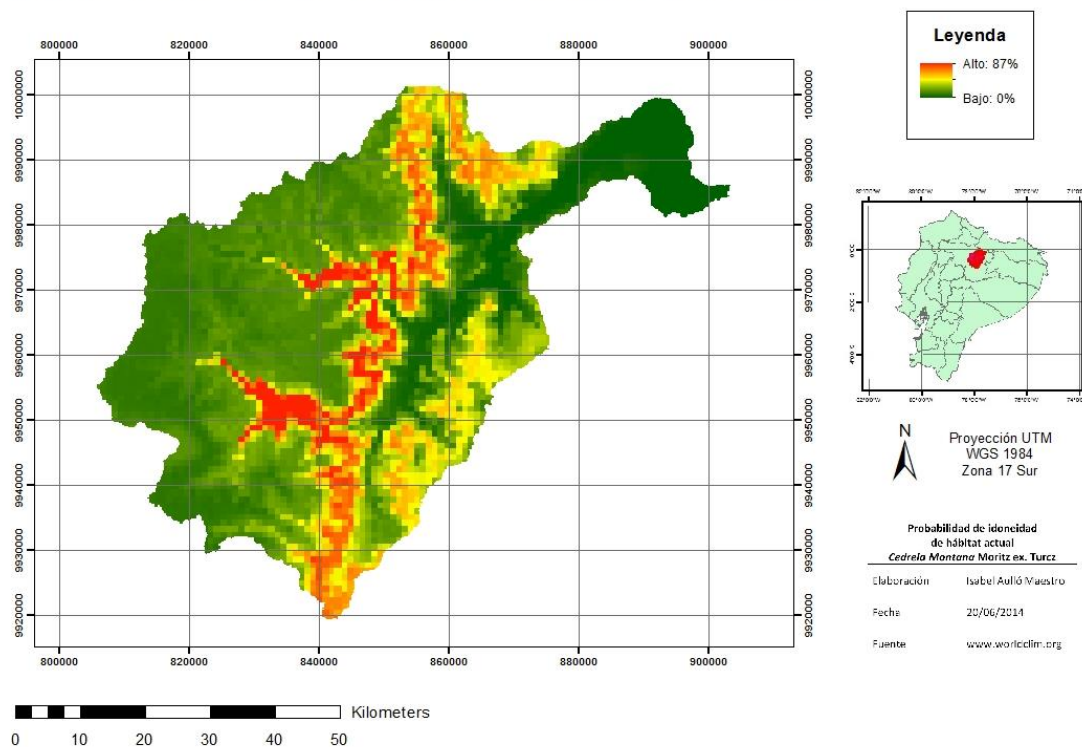


Figura 3.1 Idoneidad climática actual de *Cedrela montana*.

Elaboración propia.

En cuanto a la validez del resultado, los modelos, actual y futuro, lanzados por el programa MaxEnt se pueden considerar aptos para su análisis al presentar un valor del AUC de 0,958, muy próximo a uno (figura 3.2):

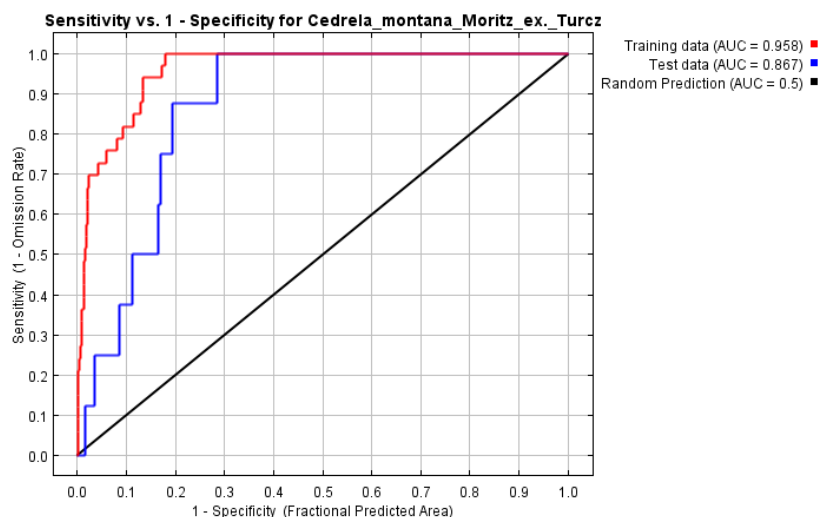


Figura 3.2 Valor de AUC para el modelo de *Cedrela montana*.

El análisis de la influencia de las distintas variables bioclimáticas en el modelo nos muestra una clara prevalencia de la variable BIO1: temperatura media anual, con una contribución al modelo del 44,8 % (figura 3.3):

3. Resultados y discusión

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio1	44.8	12.5
bio7	26.2	6
bio6	5.4	4.9
bio14	5.1	25.9
bio19	5.1	36.5
bio10	4.6	2.8
bio2	2.5	0
bio16	2.3	6.6
bio3	1.6	0.7
bio4	0.9	1.8
bio15	0.9	2.3
bio18	0.5	0
bio17	0	0
bio5	0	0
bio13	0	0
bio12	0	0
bio11	0	0
bio8	0	0
bio9	0	0

Figura 3.3 Valor, en porcentaje, de la contribución de las distintas variables al modelo de idoneidad climática del hábitat para *Cedrela montana*.

Para la probabilidad en el año 2070 de idoneidad de hábitat de *Cedrela montana* se obtiene un límite superior de 17,48% (figura 3.4):

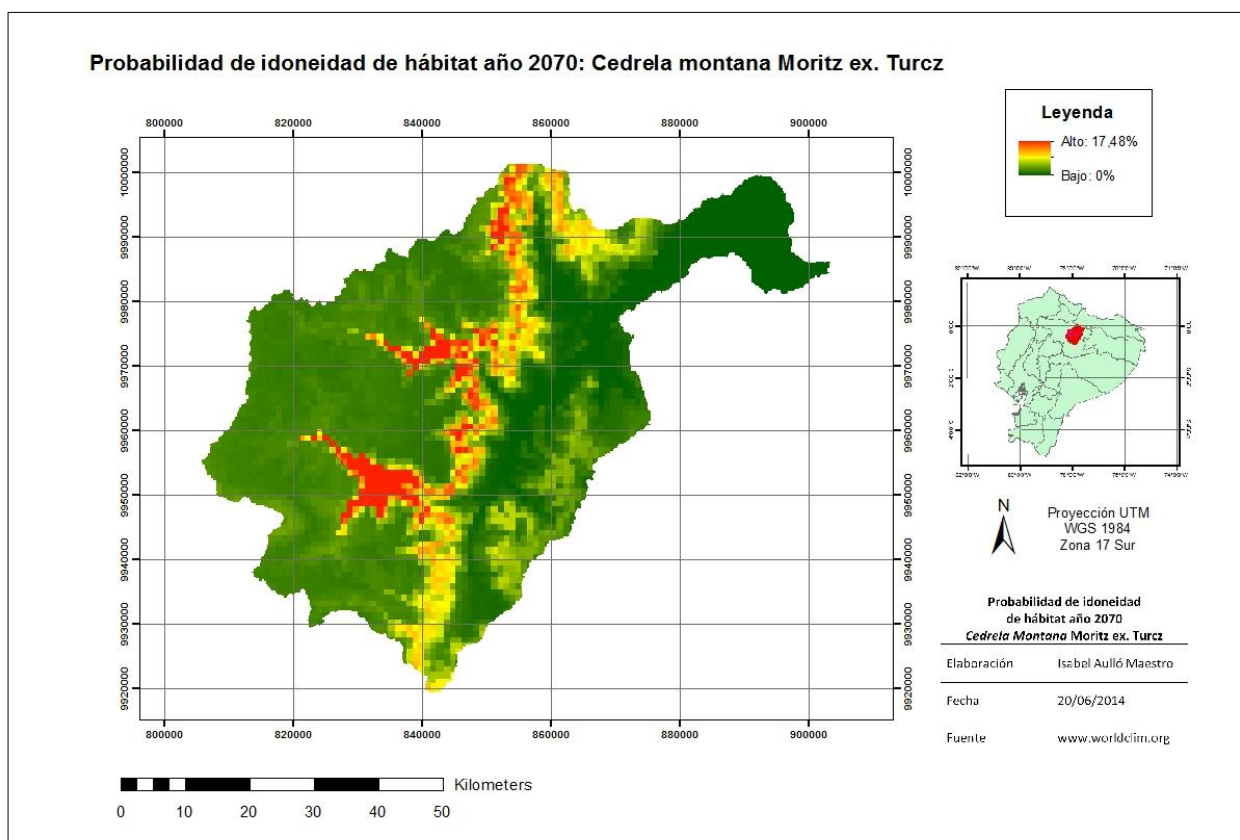


Figura 3.4 Idoneidad climática futura del hábitat de *Cedrela montana* en la zona de estudio. Elaboración propia

3.2.2 *Erythrina edulis*

El análisis del modelo de idoneidad climática del hábitat actual nos muestra un valor máximo de idoneidad del 81% (figura 3.5) lo que quiere decir que actualmente existen zonas con gran idoneidad dónde la especie puede habitar.

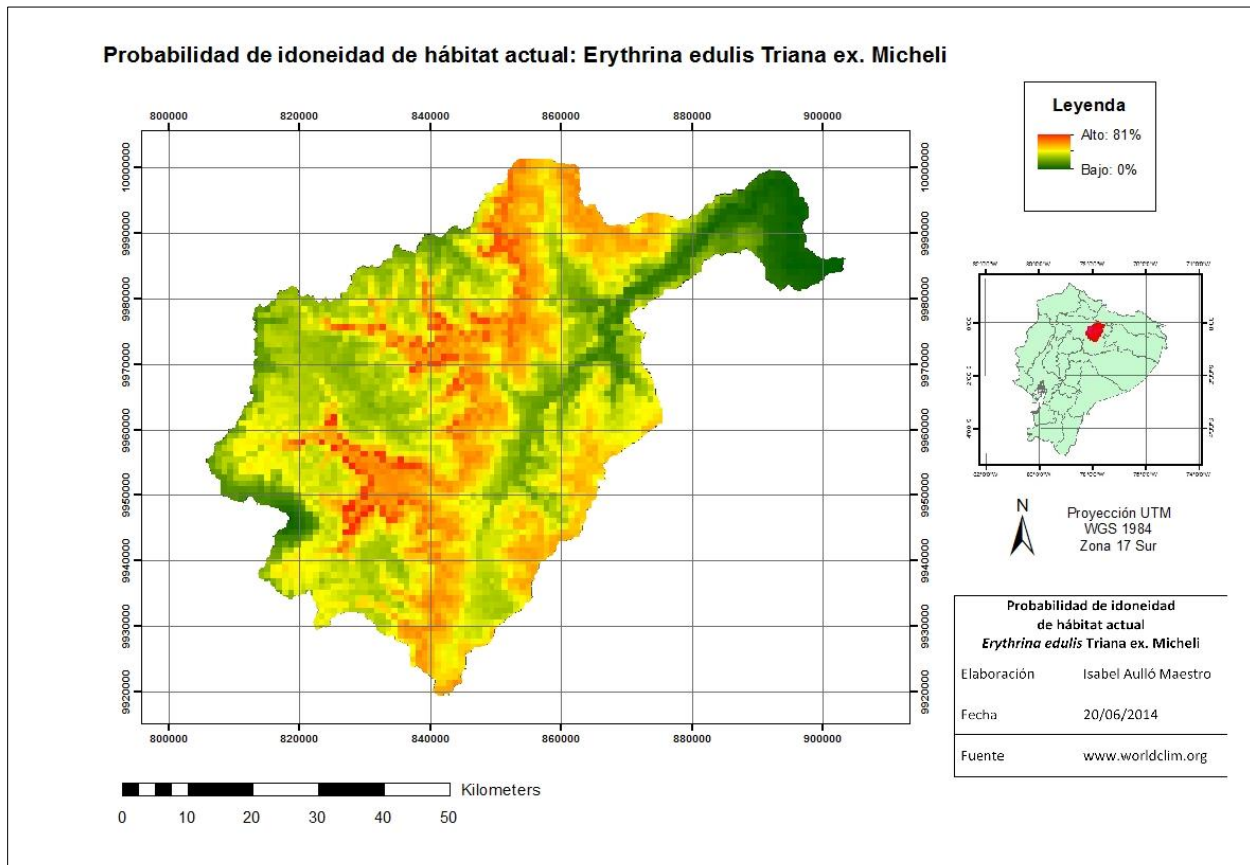


Figura 3.5 Idoneidad climática actual del hábitat de *Erythrina eduli* en la zona de estudio. Elaboración propia

En el caso del porotón, el estadístico AUC (área bajo la curva ROC) presenta un valor menos elevado que el cedro, es de 0,909, que sigue estando muy próximo al valor óptimo 1, por lo que en este caso también se pueden tomar como válidos los resultados lanzados por el programa (figura 3.6):

3. Resultados y discusión

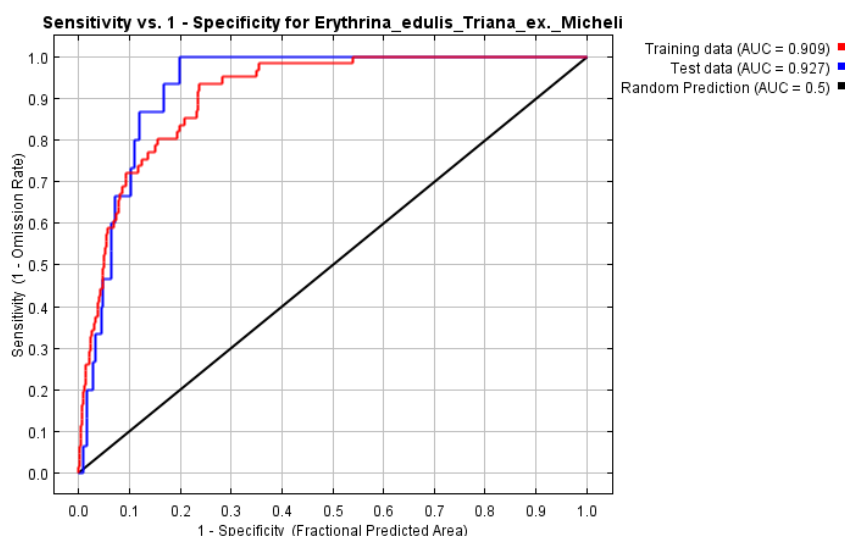


Figura 3.6 Valor de AUC para el modelo de *Erythrina edulis*.

En este caso la prevalencia de la influencia variable bioclimática BIO1: temperatura media anual, es todavía más evidente, con una contribución al modelo del 70,6 % (figura 3.7):

Variable	Percent contribution	Permutation importance
bio1	70.6	0
bio9	9.2	14.9
bio19	3.5	17.5
bio6	3.3	42.4
bio16	3.3	4.6
bio3	2.2	7.7
bio12	1.8	0
bio4	1.6	3.8
bio17	1.5	0
bio14	0.8	0
bio7	0.7	0.2
bio8	0.7	3.8
bio18	0.3	2.9
bio2	0.3	1
bio15	0.2	0
bio10	0	1.1
bio11	0	0
bio13	0	0.1
bio5	0	0

Figura 3.7 Valor, en porcentaje, de la contribución de las distintas variables al modelo de idoneidad climática del hábitat de *Erythrina edulis*.

Para la probabilidad en el año 2070 de idoneidad de hábitat del porotón se obtiene un límite superior del 39% (figura 3.14) En el caso del porotón sí que existirá una zona que permaneciera viable para acoger a la especie:

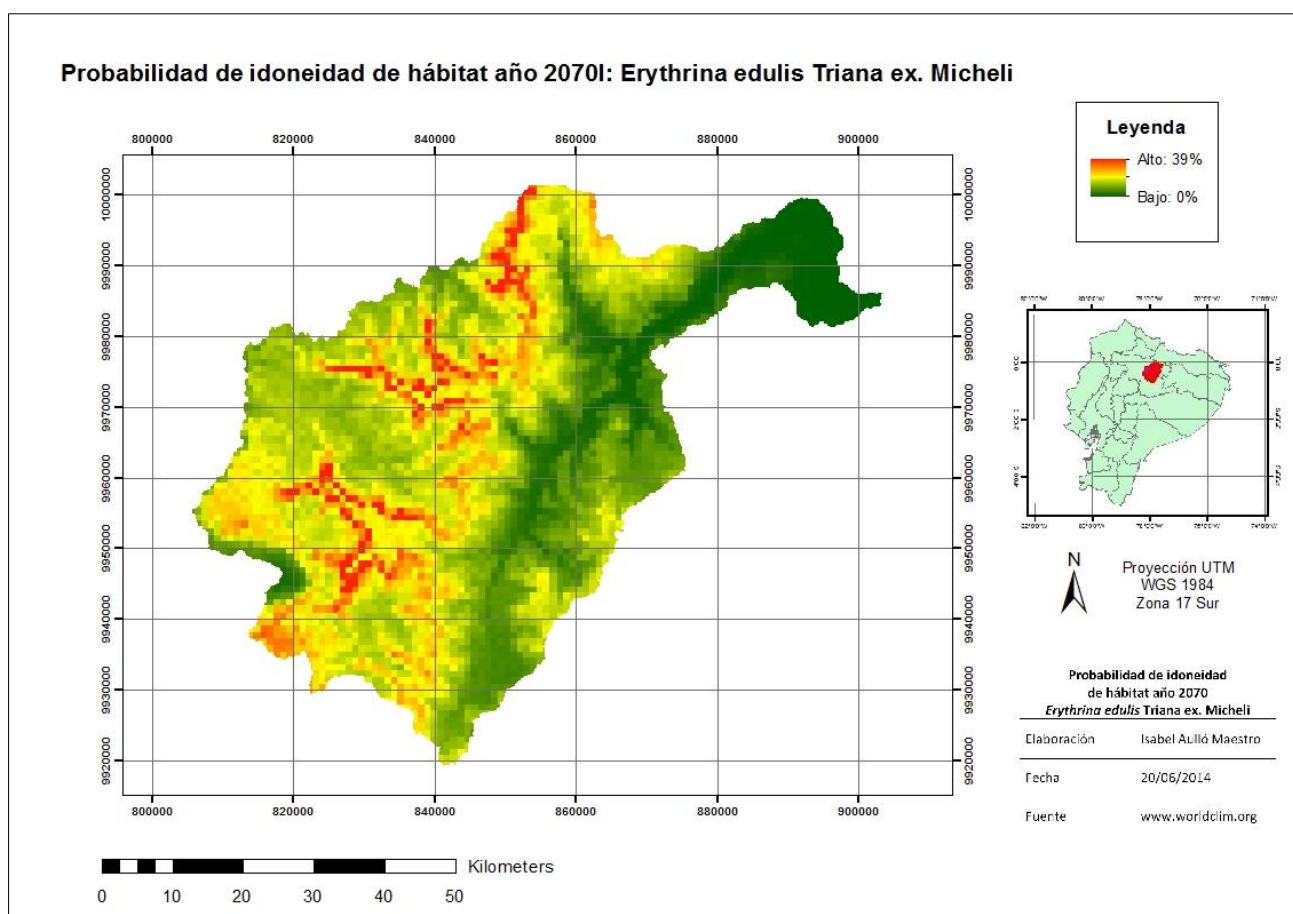


Figura 3.8 Idoneidad climática futura del hábitat de *Erythrina edulis* en la zona de estudio. Elaboración propia.

3.3 Determinación del estado de conservación

3.3.1 *Cedrela montana*

Primero hay que hallar el umbral que se considera como óptimo (apartado 2.6) (porcentajes mayores al del *10 percentile training presence*): valor 0,212.

Se tomarán como válidas por tanto aquellas regiones con probabilidad de idoneidad de hábitat mayor a 21,2% , *área factible* (ver capítulo “comparación de áreas”) (figura 3.9).

Cumulative threshold	Logistic threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate	Test omission rate	P-value
1.000	0.015	Fixed cumulative value 1	0.349	0.000	0.000	2.213E-4
5.000	0.097	Fixed cumulative value 5	0.217	0.000	0.125	1.45E-4
10.000	0.165	Fixed cumulative value 10	0.164	0.061	0.500	2.893E-2
8.151	0.141	Minimum training presence	0.180	0.000	0.250	6.796E-4
14.434	0.212	10 percentile training presence	0.134	0.091	0.500	1.438E-2
15.380	0.220	Equal training sensitivity and specificity	0.129	0.121	0.500	1.247E-2
8.151	0.141	Maximum training sensitivity plus specificity	0.180	0.000	0.250	6.796E-4
6.885	0.125	Equal test sensitivity and specificity	0.193	0.000	0.250	1.008E-3
1.899	0.034	Maximum test sensitivity plus specificity	0.286	0.000	0.000	4.446E-5
2.805	0.059	Balance training omission, predicted area and threshold value	0.257	0.000	0.125	4.646E-4
10.892	0.176	Equate entropy of thresholded and original distributions	0.157	0.061	0.500	2.504E-2

Figura 3.9 Umbral correspondiente al percentil 10 de *Cedrela montana*.

Reclasificando el resultado mediante ArcGIS según este umbral, se obtiene un área total actual correspondiente a una probabilidad óptima de: 104.408 ha (ver capítulo “comparación de áreas”) (figura 3.10).

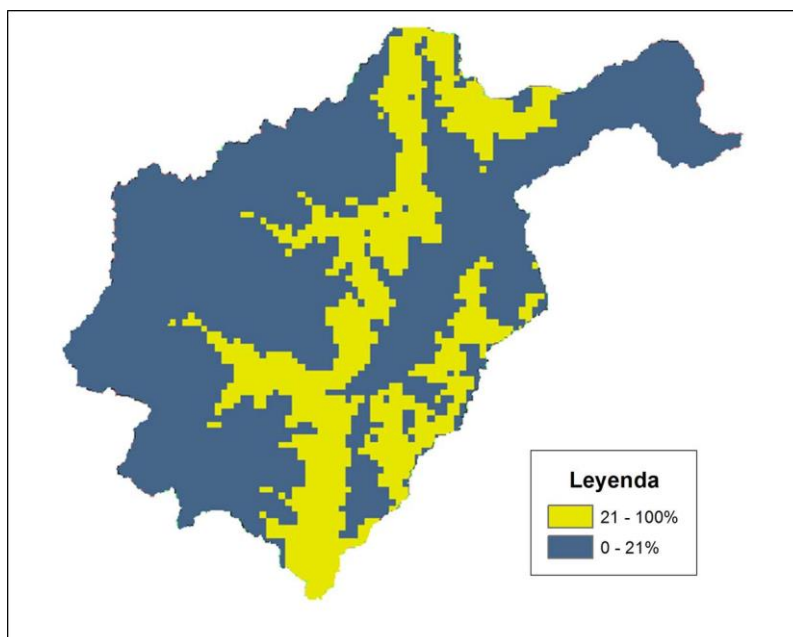


Figura 3.10 En amarillo: área correspondiente a una probabilidad superior al 21,2% de idoneidad climática del hábitat actual para *Cedrela montana* en la zona de estudio

Como se puede comprobar, según las condiciones climáticas consideradas en el modelo utilizado (RCP 4.5), al cabo de 56 años no existiría en el Valle del Quijos ningún espacio con idoneidad de hábitat suficiente (entendida como aquella con porcentaje mayor del 21,2%) como para servir de refugio para el taxón (figura 3.11).

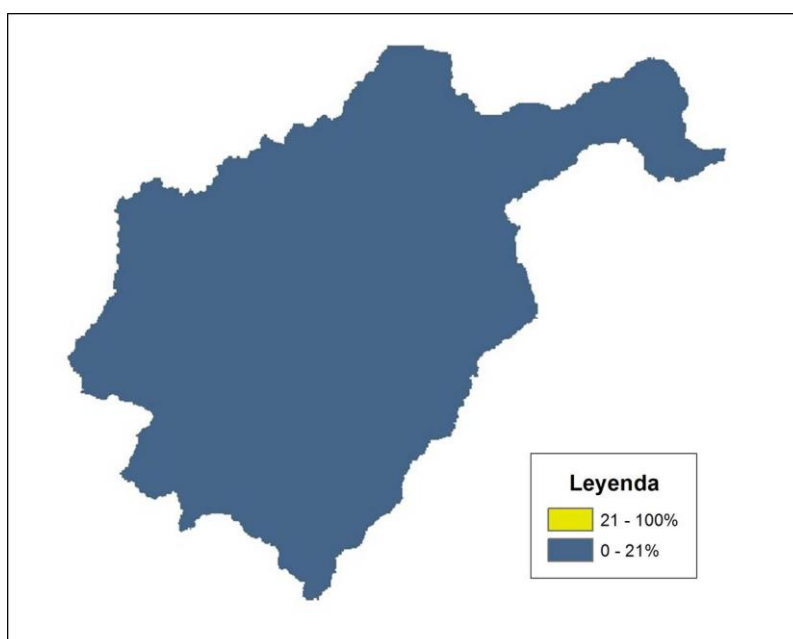


Figura 3.11 En amarillo: área de idoneidad climática futura (2070) del hábitat para *Cedrela montana* en la zona de estudio.

Por lo tanto, en el caso del cedro resulta una reducción del área de distribución del 100%. Aplicando el criterio A4c corresponde a una categoría de: En Peligro Crítico (CR).

Este resultado sube un nivel la categoría definida por la Lista Roja, En Peligro (EN).

3.3.2 *Erythrina edulis* Triana ex. Micheli

El valor umbral del es: 0,276. Quiere decir que tomaremos como válida aquella extensión que tenga al menos un 27,6% de probabilidad de idoneidad de hábitat (figura 3.12).

Cumulative threshold	Logistic threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate	Test omission rate	P-value
1.000	0.018	Fixed cumulative value 1	0.615	0.000	0.000	6.809E-4
5.000	0.099	Fixed cumulative value 5	0.344	0.049	0.000	1.115E-7
10.000	0.225	Fixed cumulative value 10	0.261	0.066	0.000	1.819E-9
1.554	0.026	Minimum training presence	0.539	0.000	0.000	9.396E-5
12.905	0.276	10 percentile training presence	0.235	0.098	0.000	3.649E-10
18.778	0.341	Equal training sensitivity and specificity	0.195	0.197	0.067	1.37E-9
12.540	0.270	Maximum training sensitivity plus specificity	0.238	0.066	0.000	4.41E-10
31.962	0.450	Equal test sensitivity and specificity	0.133	0.246	0.133	3.396E-10
18.254	0.336	Maximum test sensitivity plus specificity	0.198	0.180	0.000	2.749E-11
4.623	0.089	Balance training omission, predicted area and threshold value	0.355	0.016	0.000	1.798E-7
6.690	0.145	Equate entropy of thresholded and original distributions	0.306	0.049	0.000	1.975E-8

Figura 3.12 Umbral correspondiente al percentil 10 de *Erythrina edulis*

Para calcular el área que cumple actualmente con la condición de poseer una idoneidad climática del hábitat mayor del 27,6%, hacemos una reclasificación mediante el programa ArcGIS y obtenemos un valor de 260.732 ha (figura 3.13).

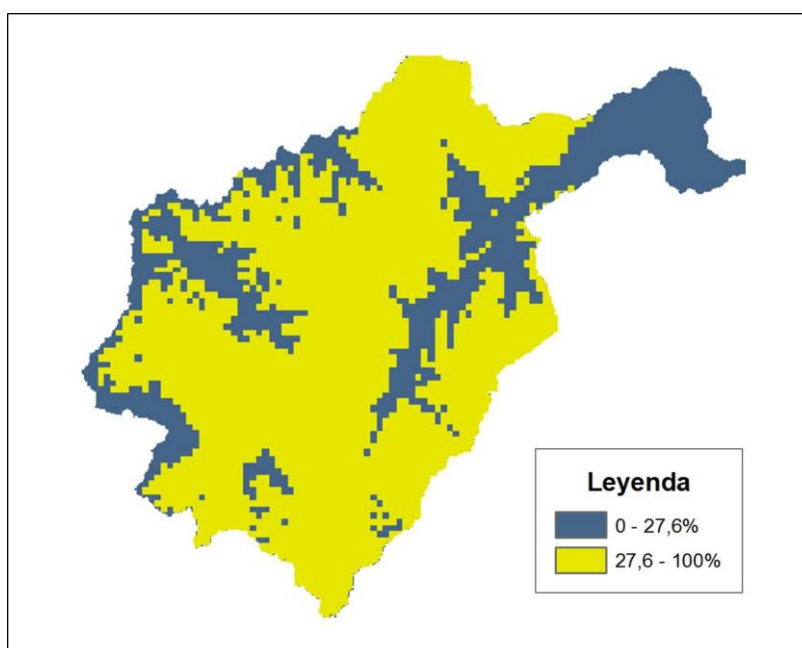


Figura 3.13 En amarillo: área correspondiente a una probabilidad superior al 27,6% de idoneidad climática del hábitat actual para *Erythrina edulis* en la zona de estudio.

3. Resultados y discusión

Como indica la figura 3.14, según las condiciones climáticas consideradas en el modelo utilizado (RCP 4.5), al cabo de 56 años 6,8 ha se encuentran por encima del umbral de 27.6% de probabilidad de idoneidad de hábitat en el Valle del

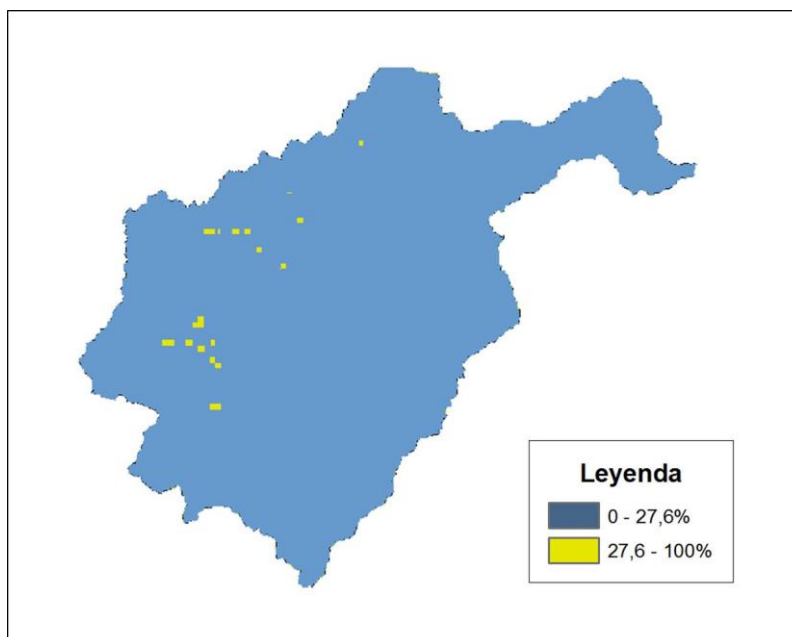


Figura 3.14 En amarillo: área de idoneidad climática futura (2070) del hábitat para *Erythrina edulis* en la zona de estudio

Permanece dentro del umbral un 0,002% del hábitat idóneo actual. Por tanto, el porcentaje de reducción del hábitat idóneo (asimilado, a nuestros efectos, al de la población) es superior al 80 %, y, aplicando el criterio A4c de la UICN, le corresponde una categoría de: En Peligro Crítico (CR).

Se puede discutir, de igual modo, que, al subir la temperatura media en Sudamérica entre 1,7°C y 6,7°C (IPCC, 2013), y al ser esta variable la más influyente en el modelo, el efecto causado en la proporción de terreno con condiciones óptimas de habitabilidad es previsiblemente fatal para la especie, no quedando casi ningún terreno habitable para el año 2070.

Ambos resultados, tanto del cedro como del porotón, se pueden comprender ya que, según el Quinto Informe del IPCC (2013), la temperatura media subirá en Sudamérica entre 1,7°C y 6,7°C. Este hecho, combinado con la gran influencia que tiene la variable en la zona (figura 3.3 y figura 3.7), hace que la previsión del efecto que el cambio climático tendrá en ambas poblaciones sea devastadora.

3.4 Evaluación del impacto del cambio de uso del suelo

3.4.1 Comparación de abundancias y distribuciones diamétricas

El área total muestreada para las dos especies fue:

- Bosque primario: 3,24 ha.
- Bosque intervenido: 2,16 ha.

Es evidente que, como ya adelantamos, se trata de un área reducida e insuficiente para hacer un análisis detallado del efecto de la acción humana en el bosque sobre las especies estudiadas. Sin embargo, creemos que sí es suficiente para llevar a cabo esa primera aproximación al conocimiento de los efectos citados.

Cedrela montana

En la tabla 3.2 se muestran los resultados obtenidos en el muestreo, tanto en bosque primario como intervenido, de la especie.

En el bosque primario se detectaron treinta individuos, mientras que en el bosque intervenido, solamente nueve. Las abundancias relativas son por tanto:

- Bosque primario: 9 individuos/ha.
- Bosque intervenido: 4 individuos/ha.

Es evidente que la actuación humana está ejerciendo un efecto negativo en las poblaciones del cedro. En primer lugar, como ya comentamos, la especie ha desaparecido de muchos bosques intervenidos (recordemos, por ejemplo, el caso de “Los cedrales” en la parroquia Gonzalo Díaz de Pineda, descrito en el apartado 2.7.1). Por otra parte, en los bosque intervenidos en los que la especie todavía persiste, que parecen ser pocos, ha reducido su abundancia relativa a alrededor de la mitad, según los datos obtenidos en nuestros muestreos. Además, como se comentará más adelante, los individuos de las poblaciones del área natural llegan a alcanzar grandes diámetros, mientras que en la intervenida solo se vieron individuos de clases diamétricas inferiores.

Tabla 3.2 Resultados del muestreo de *Cedrela montana*. En cada columna (bosque primario o intervenido) se indica el número de individuos encontrados en toda el área de muestreo. (Los individuos mostrados son los totales).

Clase Diamétrica (cm)	Intervalo (cm)	Bosque Primario (individuos)	Bosque Intevenido (individuos)
25	20-30	1	3
35	30-40	2	4
45	40-50	3	1
55	50-60	3	0
65	60-70	3	0
75	70-80	3	0
85	80-90	3	1
95	90-100	4	0
105	100-110	3	0
115	110-120	1	0
125	120-130	1	0
135	130-140	1	0
145	140-150	0	0
155	150-160	2	0
TOTAL		30	9

Elaboración propia.

3. Resultados y discusión

Así mismo, se observa que en el bosque intervenido la población es mayoritariamente joven (no alcanza el diámetro mínimo de cortabilidad habitual en la zona, que suele ser de 60 cm) mientras que en el bosque primario se distribuye por todas las clases diamétricas de forma prácticamente homogénea (figura 3.15).

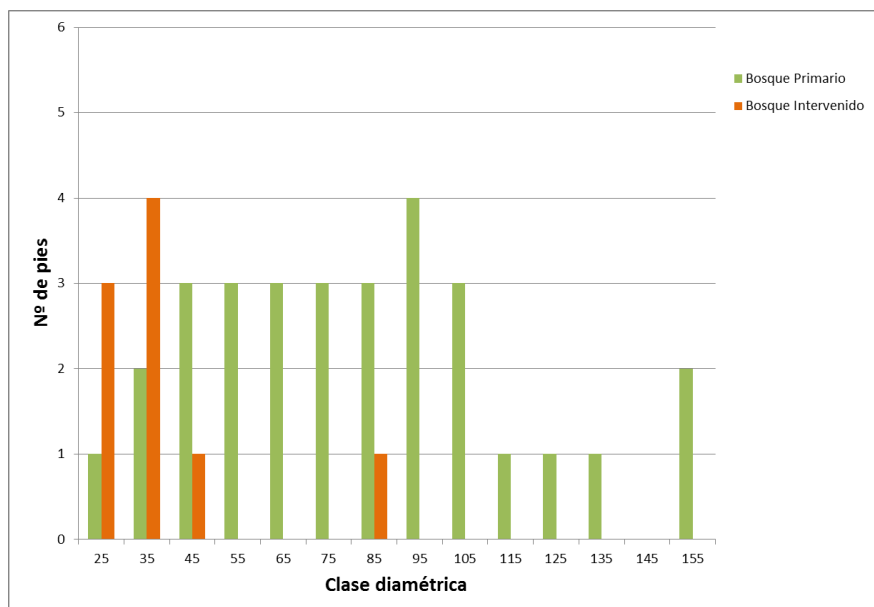


Figura 3.15 Distribución diamétrica *Cedrela montana* en todas las parcelas de estudio de cada tipo de bosque. Elaboración propia.

Erythrina edulis

En el caso del porotón se observaron catorce y trece individuos en bosque primario e intervenido, respectivamente (tabla 3.3).

Las abundancias relativas son:

- Bosque primario: 4 individuos/ha.
- Bosque intervenido: 6 individuos/ha.

En bosque intervenido por tanto aumenta la abundancia relativa de esta especie. Estos resultados confirman la capacidad del porotón de adaptarse a gran variedad de hábitats. También es posible que los propios campesinos dejasen estos pies por sus cualidades y por su uso alimenticio, reduciendo la competencia interespecífica de la especie y aumentando su capacidad de dispersión.

Estos resultados y su capacidad fijadora de nitrógeno, la convierte en una gran opción para futuros proyectos de implementación de sistemas silvopastoriles en la zona.

Tabla 3.3 Resultados del muestreo de *Erythrina edulis*. En cada columna (bosque primario o intervenido) se indica el número de individuos encontrados en toda el área de muestreo. (Los individuos mostrados son los totales).

Clase Diamétrica (cm)	Intervalo (cm)	Bosque Primario (individuos)	Bosque Intevenido (individuos)
25	20-30	11	8
35	30-40	1	0
45	40-50	1	4
55	50-60	0	1
65	60-70	0	0
75	70-80	0	0
85	80-90	1	0
95	90-100	0	0
105	100-110	0	0
115	110-120	0	0
125	120-130	0	0
135	130-140	0	0
145	140-150	0	0
155	150-160	0	0
TOTAL		14	13

Elaboración propia.

En ambas zonas se dan clases diamétricas bajas. Sólo en el bosque natural se observó un individuo de gran tamaño (figura 3.16). A grandes rasgos, la distribución diamétrica es bastante similar en una zona y en otra.

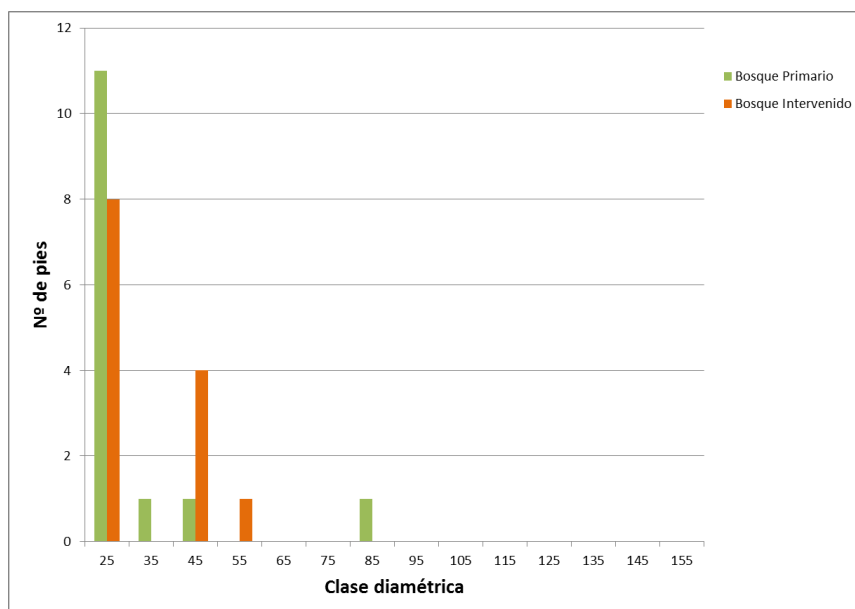


Figura 3.16 Distribución diamétrica *Erythrina edulis* en todas las parcelas de estudio de cada tipo de bosque. Elaboración propia.



3.4.2 Pérdida de área potencial debida a cambios en el uso del suelo

Cedrela montana

El área de idoneidad climática actual del hábitat es de 104.408 ha (apartado 3.3.1).

Después de realizar los cálculos, se obtiene que 50.009,2 ha de las 104.408 están intervenidas, lo que supone que el 47,9% de la superficie potencial de distribución está ocupada por terrenos afectados por la acción humana, es decir, casi la mitad del terreno con más probabilidad de poseer las condiciones climáticas óptimas para albergar a la especie están disponibles.

Esto, sumado a la tala ilegal que sufre la especie, supone una grave amenaza para la conservación de la especie ya que, de seguir con la tendencia de pérdida de superficie forestal de las últimas décadas (apartado 1.1.3), la especie sería susceptible de fragmentarse, siendo relegada a zonas no aptas para cultivo. Por otra parte, a esa amenaza hay que añadir la ya descrita con anterioridad de fuerte pérdida de hábitat idóneo desde el punto de vista climático.

Erythrina edulis

El área de idoneidad climática actual del hábitat es de 260.732 ha (apartado 3.3.2).

Se obtiene que 93.232 ha de las 260.732 están ya ocupadas por pastos y cultivos, lo que supone una pérdida de terreno con condiciones óptimas de habitabilidad del 35,8%.

El caso del porotón es menos grave que el del cedro. Aun así, sigue siendo un porcentaje preocupante, máxime cuando la frontera agrícola no deja de avanzar y cuando las amenazas debidas a la pérdida de hábitat idóneo por cambio climático son también muy graves (ver apartado 3.3.2).

4. CONCLUSIONES

- En el marco del Programa INIAP/SENESCYT “*Conservación y Uso Sostenible de Recursos Genéticos Forestales en áreas críticas de bosques húmedos y secos de los Andes y Amazonía*” (GENFORESTAL), a cargo del Departamento de Forestería del INIAP, y, en concreto de su objetivo específico 1, “*desarrollar un programa de investigación para evaluar el estado de conservación y la variabilidad genética de los recursos genéticos forestales priorizados en las áreas de acción*”, se ha procedido a elegir las dos especies forestales arbóreas más relevantes en la sub-cuenca del río Quijos, provincia del Napo, Ecuador. La elección, llevada a cabo mediante un proceso de Diagnóstico Rural Participativo, ha priorizado, por este orden, a *Cedrela montana* Moritz ex. Turcz y *Erythrina edulis* Triana ex. Micheli de entre un total de 32 especies identificadas como prioritarias por las poblaciones locales.
- Se ha procedido a modelizar la variación, entre 2014 y 2070, de área idónea del hábitat de ambas especies desde el punto de vista climático. Para ello se ha utilizado el programa de modelización de distribución potencial (MDP) MaxEnt, que se ha alimentado con datos de distribución de las especies procedentes de numerosos herbarios regionales y las previsiones de cambio climático proporcionadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) en página de libre acceso www.worldclim.org. Ambos modelos presentan una alarmante reducción en el área de distribución potencial de ambas especies. En el caso de *Cedrela montana*, el modelo prevé que el área de hábitat climáticamente idóneo (idoneidad superior al 21%), que actualmente es de 104.408 ha, desaparecerá en 2070. En el de *Erythrina edulis*, el área de hábitat climáticamente idóneo (idoneidad superior al 27,6%), que actualmente es de 260.732 ha, se reducirá a tan sólo 6,8 ha (reducción 99,998 %).
- Utilizando los criterios de evaluación del grado de amenaza de extinción de la UICN en sus Listas Rojas, y asimilando el porcentaje de reducción de área climáticamente idónea de ambas especies con el porcentaje de reducción poblacional que mencionan los criterios de la UICN, se ha concluido que *Cedrela montana* Moritz ex. Turcz y *Erythrina edulis* Triana ex. Micheli, pueden ser catalogadas en la máxima figura de amenaza de extinción: En Peligro Crítico (CR).
- También se ha evaluado el efecto del cambio de uso del suelo (bosque primario frente a bosque intervenido) mediante inventarios de campo en la zona de estudio. El efecto del cambio del uso del suelo en *Cedrela montana* es bastante negativo: provoca una brusca reducción de abundancia, en nuestro caso superior al 50%, e impide el desarrollo potencial del árbol, porque los individuos que alcanzan el diámetro de cortabilidad habitual (60 cm de DAP) desaparecen. *Erythrina edulis* no presenta efectos negativos por cambio del uso del suelo; al contrario, se observa un aumento de su abundancia relativa en los bosques intervenidos y su distribución diamétrica no presenta diferencias notables en las dos zonas evaluadas. Por lo tanto se puede concluir que el cambio del uso del suelo



4. Conclusiones

no afecta negativamente a esta especie. *Cedrela montana* presenta una reducción de hábitat idóneo desde el punto de vista climático del 47,9 debido a la transformación del bosque en cultivos y plantaciones. En el caso de *Erythrina edulis*, un 35,8% del terreno de hábitat idóneo desde el punto de vista climático está actualmente ocupado por terrenos intervenidos.

- El trabajo realizado aporta interesantes avances, tanto metodológicos como científicos y de gestión, en el marco del Programa GENFORESTAL. Desde el punto de vista metodológico, confirma la validez del Diagnóstico Rural Participativo como herramienta de priorización de recursos naturales de interés social, en nuestro caso, especies forestales arbóreas. También pone de manifiesto la validez de la modelización de distribución potencial (MDP) MaxEnt como herramienta de simulación en tareas de conservación de especies, siempre y cuando los datos empleados para alimentar los modelos sean suficientemente precisos. Desde el punto de vista científico, confirma las amenazas de extinción que afectan a las dos especies arbóreas objeto de estudio. Finalmente, desde el punto de vista aplicado, pone de manifiesto que, como preveía el Programa GENFORESTAL, es necesario adoptar medidas urgentes para la conservación de la variabilidad genética de los recursos genéticos forestales priorizados y, en concreto, de las dos especies objeto de estudio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea constituyente del Ecuador (2008). Constitución del Ecuador. Disponible en: http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf. Recuperado el 09 de Junio de 2014.
- Barsky, O. (1978). Iniciativa terrateniente en la reestructuración de las relaciones sociales en la sierra ecuatoriana: 1959 – 1964. *Revista de ciencias sociales*. 2 (5): 74 – 127. Citado por: Árevalo V., Andino M., Grijalva J. (2008). Geopolítica y transformaciones agrarias. El Valle del Quijos en la amazonía ecuatoriana. Publicación miscelánea Nº 142, INIAP. Quito. Ecuador.
- Cañadas, L. (1983). El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Banco Central del Ecuador. Quito.
- Caranqui, J. y Suarez, D. (2012). Conservación y Estado Poblacional de *Grosvenoria campii* R.M.King & H.Rob. (Asteraceae) en Ecuador. Q'EUÑA. 5: 17 -24.
- Cardenas, J. M. (2003). Métodos experimentales y participativos para el análisis de la acción colectiva y la cooperación en el uso de recursos naturales por parte de comunidades rurales. Cuadernos de Desarrollo Rural. 50: 63-96.
- CDB (2014) Artículo 2. Términos utilizados. Recurso en línea: <http://www.cbd.int/convention/articles/default.shtml?a=cbd-02>. Recuperado el 13 del marzo de 2014.
- CISMIL (2007). II Informe Nacional de los Objetivos de Desarrollo del Milenio: Ecuador 2007. Disponible en: http://www.undp.org.ec/odm/II_informe_nacional.pdf. Recuperado el 25 de mayo de 2014.
- CPPS (2009). Red Regional de Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Pacífico Sudeste (Colombia, Chile, Ecuador, Panamá y Perú). Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <http://cpps2-int.org/cpps-docs/pda/areas/docs/Red%20Regional%20NUEVA%20VERSION.pdf>. Recuperado el 12 de Junio de 2014.
- Espinosa, C. (2012). The riddle of leaving the oil in the soil – Ecuador's Yasuní-ITT project from a discourse perspective. *Forest Policy and Economics*. 36. (2013). 27-36.
- FAO (2008). Uso de tierras. *Unasylva*, Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. 230 (59). Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/unasylva/es/>. Recuperado el 12 de junio de 2014.
- FAO (2013). Climate change guidelines for forest managers. FAO Forestry Paper No. 172. Rome.
- Felícísimo, Á.M. (coord.) (2011). Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático de la biodiversidad española. 2. Flora y vegetación. Madrid, España: Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio del Medio Rural y Marino. Madrid.



5. Bibliografía

- Fielding A.H. y Bell J.F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*. 24 (1): 38-49
- Foster, P. (2001). The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth-Science Reviews*. Vol. 55 (2001) 73-106.
- Gómez, A. (2012). Caracterización con marcadores moleculares RAM'S (Random Amplified Microsatellites) de algunas especies del género *Erythrina* presentes en Colombia. Tesis Mag.Sc. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- Grijalva, J.; Checa, X.; Ramos, R.; Barrera, P.; Limongi, R. (2012). Situación de los Recursos genéticos Forestales – Informe País Ecuador. Programa de Forestería INIAP con aval del INIAP/FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma para preparación del Primer Informe del Estado de los Recursos Genéticos Forestales en el Mundo. Quito. Ecuador.
- Guerrero, G.F. (2005). Caracterización poblacional de cinco especies arbóreas ecológicamente importantes en el Corredor Biológico Turrialba Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE.
- HadGEM2 Development Team. (2011). The HadGEM2 family of Met Office Unified Model climate configurations. *Geoscientific Model Development*. 4: 723 - 757.
- Hurtado, C. A. (2007). Uso de modelos de predicción como herramienta para estimar el área de distribución potencial de la especie *Aniba perutilis* Hernsley (Comino Crespo) en el Departamento del Valle del Cauca. Tesis de pregrado. Popayán. Fundación Universitaria de Popayán, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Ecología.
- INEC (2010). Recurso en línea: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>. Recuperado el 9 de junio de 2014.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contributions of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F.; Qin, D.; Plattner, G.K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V. y Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IUCN (2012a). Categorías y Criterios de La Lista Roja de la UICN: Versión 3.1. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, reino Unido: UICN. Vi + 34 pp.
- IUCN (2012b). Directrices para el uso de los Criterios de la Lista Roja de la UICN a nivel regional y nacional: Versión 4.0. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. li+43 pp.
- Karsenty, A.; Vogel, A. y Castell, F. (2014). "Carbon rights", REDD+ and payment for environmental services. *Environmental science & policy*. Vol. 35 (2014). Páginas 20-29.

- Ligia, M.; Restrepo, J. y Toro, M. (2011). Manejo de las semillas y la propagación de diez especies forestales del Bosque Andino. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquía – Corantioquía. Citado por: Santamaría, A. L. (2012). Establecimiento de un protocolo para la germinación *in vitro* e inducción a callo embriogénico de cedro (*Cedrela montana*) a partir de embriones zigóticos. Tesis para la obtención de título de Ingeniera en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.
- MAE (2002). Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Antisana. Quito, Ecuador.
- MAE (2010). Cuarto Informe Nacional para el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Quito. Ecuador
- MAE (2012). Estrategia Nacional del Cambio Climático del Ecuador. Quito, Ecuador.
- MAE (2013). SUIA – Sistema único de Información Ambiental. Disponible en <http://suia.ambiente.gob.ec/ambienteseam/index.seam>. Citado por SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito. Ecuador.
- MAE; FAO; FORMIN FINLAND; UN-REDD. (2011). Evaluación nacional forestal, Sistema nacional de monitoreo forestal: Manual de campo. Quito, Ecuador.
- MAGAP (2005). Políticas de Estado para el Sector Agropecuario. Recurso en línea: <http://www.agricultura.gob.ec/ejes-estrategicos/>. Recuperado el 20 junio de 2014.
- Mateo, R. F. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. Revista Chilena de Historia Natural (84), 217-240.
- MEA (2005). Ecosystem and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute. Washington, D.C.
- Ministerio de Relaciones Exteriores y Movilidad Humana (2013). Recursos en línea: <http://cancilleria.gob.ec/es/ecuador-presenta-propuesta-de-emisiones-netas-evitadas-en-la-conferencia-de-naciones-unidas-sobre-cambio-climatico-en-varsovia-cop19/>. Recuperado el 14 de junio de 2014.
- Moruela-Holme, N.; Fløjgaard, C.; Svenning, J-C. (2010). Climate Change Risk and Conservation Implications for a Threatened Small-Range Mammal Species. PLoS ONE 5(4).
- Neira, D. L. (2010). Programa AACC - Adaptación de la Agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes. Ecuador: Departamento 5, Medio Ambiente, recursos Naturales y Alimentación. Alemania - Países Andinos 2010 - 2013.
- ONU (2014). Recurso en línea: <http://www.un.org/es/events/biodiversityday/convention.shtml>. Recuperado el 09 de junio de 2014.



5. Bibliografía

- Patiño, F. (1997). Recursos genéticos de *Swietenia* y *Cedrela* en los Neotrópicos: Propuestas de acciones coordinadas. FAO. Roma, Italia. Recuperado de: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), 2005. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washintong, D.C., Island Press: www.maweb.org/documents/document.365.aspx.pdf. Recuperado el 15 del 2 del 2014
- Phillips, S. A. (2014). *A Brief Tutorial on Maxent.*, de Maxent software and datasets. Disponible en: <http://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>. Recuperado el 2 de 10 de 2013
- PNUD (2013). Informe sobre Desarrollo Humano 2013. El ascenso del Sur: Progreso humano en un mundo diverso. USA: Communications Development Incorporated, Washington DC.
- Prado, L.; Valdebenito, H., (2000). Contribución a la fenología de especies forestales nativas Andinas de Bolivia y Ecuador. FOSEFOR. Quito. Ecuador. Programa Andino de fomento de semillas forestales COSUDE / Intercooperation. Citado por: Santamaría, A. L. (2012). Establecimiento de un protocolo para la germinación *in vitro* e inducción a callo embriogénico de cedro (*Cedrela montana*) a partir de embriones zigóticos. Tesis para la obtención de título de Ingeniera en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.
- Programa ONU – REDD (2011). Documento del Programa Nacional – Ecuador: sexta reunión de la junta normativa del Programa ONU – REDD. Da Lat. Vietnam.
- Ravindranath, N.H.; Ostwald, M. (2008). Carbon Inventory Methods: Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roudwood Production Projects. Springer.
- Remache, L. M. (2011). Desarrollo de una técnica de micropopagación *in vitro* de cedro (*Cedrela montana*) a partir de ápices, hojas y entrenudos. Tesis para la obtención de título de Ingeniera Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.
- Richardson, D. M. (2010). Conservation biogeography - foundations, concepts and challenges. *Diversity and Distributions*(16), 313-320.
- Rodríguez, G.; Gil, J. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. Granada, España.
- Rodríguez, J.; Nieto, V. (2003). *Cedrela montana* Moritz ex Turcz. Corporación Nacional de Investigación Forestal. Bogotá. Colombia. Citado por: Santamaría, A. L. (2012). Establecimiento de un protocolo para la germinación *in vitro* e inducción a callo embriogénico de cedro (*Cedrela montana*) a partir de embriones zigóticos. Tesis para la obtención de título de Ingeniera en Biotecnología. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí. Ecuador.
- SCDB (2010a). Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 3. Montreal.
- SCDB (2010b). Biodiversity and Climate Change Adaptation. Issue Paper nº. 2. Disponible en www.unep.org/delc/IssuePapers

- Sierra, R. (1999). Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Quito. Proyecto INEFAN / GEF – BIRF y EcoCiencia. Citado por Grijalva, J.; Checa, X.; Ramos, R.; Barrera, P.; Limongi, R. (2012). Situación de los Recursos genéticos Forestales – Informe País Ecuador. Programa de Forestería INIAP con aval del INIAP/FAO/MAE/MAGAP/MMRREE. Documento sometido a la Comisión Forestal de la FAO-Roma para preparación del Primer Informe del Estado de los Recursos Gneéticos Forestales en el Mundo. Quito. Ecuador.
- Thompson, M. C., Baruah, M., Carr, E. R. 2011. Seeing REDD+ as a Project of environmental governance. *Environmental science & policy*. Vol 14 (2011). Páginas 100-110.
- UICN (2014). Melo, M. (Coord.). Documento descriptivo, analítico y comparativo de las políticas públicas sobre cambio climático en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia y su relación con el conocimiento tradicional. UICN, Quito, Ecuador.
- UNFCC (2013). Recurso en línea: <http://unfccc.int/2860.php>. Recuperado el 12 de Junio de 2013.
- UNFCC. (2009). Kyoto protocol status of ratification. Disponible en:
http://unfccc.int/files/kyoto_protocol/status_of_ratification/application/pdf/kp_ratification.pdf. Recuperado el 12 de junio de 2014.
- Valencia, J. (2010). Sistematización de buenas prácticas para la gestión de cuencas hídricas en los municipios de Quijos y El Chaco - Napo. Roma: FAO.
- Van Vuuren, D. E. (2011). The representative concentration pathways: an overview. *Climatic Change*(109), 5-31



ANEXOS

ANEXO A: Categorías de La Lista Roja de la UICN. (UICN, 2012)

EXTINTO (EX)

Un taxón está Extinto cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

EXTINTO EN ESTADO SILVESTRE (EW)

Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, en cautividad o como población (o poblaciones) naturalizadas completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos y/o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y a lo largo de su área de distribución histórica, no ha podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas en períodos de tiempo apropiados al ciclo de vida y formas de vida del taxón.

EN PELIGRO CRÍTICO (CR)

Un taxón está En Peligro Crítico cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro Crítico y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado de vida silvestre.

EN PELIGRO (EN)

Un taxón está En Peligro cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción muy alto en estado de vida silvestre.

VULNERABLE (VU)

Un taxón es Vulnerable cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios “A” a “E” para Vulnerable y, por consiguiente, se considera que se está enfrentando a un riesgo de extinción alto en estado de vida silvestre.

CASI AMENAZADO (NT)

Un taxón está Casi Amenazado cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.

PREOCUPACION MENOR (LC)

Un taxón se considera de Preocupación Menor cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado. Se incluyen en esta categoría taxones abundantes y de amplia distribución.

DATOS INSUFICIENTES (DD)

Un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución. Datos Insuficientes no es por lo tanto una categoría de amenaza. Al incluir un taxón en esta categoría se indica que se requiere más información y se reconoce la posibilidad de que investigaciones futuras demuestren apropiada una clasificación de amenazada. Es importante hacer un uso efectivo de cualquier información disponible. En muchos casos habrá que tener mucho cuidado en elegir entre Datos Insuficientes y una condición de amenaza. Si se sospecha que la distribución de un taxón está relativamente circunscrita, y si ha transcurrido un período considerable de tiempo desde el último registro del taxón, la condición de amenazado puede estar bien justificada.

NO EVALUADO (NE)

Un taxón se considera No Evaluado cuando todavía no ha sido clasificado en relación a estos criterios



ANEXO B: Base de datos de herbarios colaboradores

Herbario	Acronimo	Institución	Dirección	Sitio web	Persona de contacto	Datos de contacto
Herbario Nacional Ecuador	QCNE	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales	Av. Río Coca E6-115 e Isla Fernandina, Quito, Ecuador	www.mecn.gob.ec/	Dra. Diana Fernández	fernandezdiana@yahoo.com
Herbario	QCA	Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas	Av. 12 de Octubre y Roca, Quito, Ecuador	http://www.puce.edu.ec/portal/content/Herbario/477?link=oln30.redirect	Dra. Katya Romoleroux Daniela Cevallos	(+593) 299 1714, 299 1700 ext. 1714 kataromoleroux@yahoo.com daniela.cevallos@gmail.com
Herbario Politécnico	CHEP	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales	Panamericana Sur km 1 ½, Riobamba, Ecuador	www.esPOCH.edu.ec/index.php?action=fa cultades&id=7	Ing. Jorge Caranqui	jcaranqui@yahoo.es
Herbario "Reinaldo Espinosa"	LOJA	Universidad Nacional de Loja, Facultad de Ciencias Agrícolas	Ciudad Guillermo Falconí Espinosa, "La Argelia", Loja, Ecuador	www.unl.edu.ec/agropecuaria/herbario-reinaldo-espinosa/	Ing. Iliana Lourdes Ochoa Luzuriaga	Fijo (+593) (07) 2545413 Móvil: 0985272142 (+593) iliochoa@hotmail.es
Herbario Azuay	AZUAY	Herbario de la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales	Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador	www.azuay.edu.ec/HerbarioAzuay/	Información obtenida on-line	Escuela de Biología del Medio Ambiente: (+593) 72881-333 ext. 443 Webmaster@azuay.edu.ec

Elaboración propia.

ANEXO C: Definiciones utilizadas en el Criterio A de la Lista Roja de la UICN.

Fuente: UICN (2012)

POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA POBLACIÓN (Criterios A, C y D)

Para los criterios de la Lista Roja el término ‘población’ se usa en un sentido específico, el cual es diferente del sentido biológico comúnmente empleado. La población se define aquí como el número total de individuos del taxón. Por razones funcionales, principalmente debido a las diferencias entre formas de vida, el tamaño de la población se mide sólo como el número de individuos maduros. En el caso de taxones que dependen obligatoriamente de otro taxón en todo o parte de su ciclo de vida, deben usarse los valores apropiados para el taxón hospedador.

GENERACIÓN

La duración de una generación es la edad promedio de los padres de la presente cohorte (p. ej. individuos recién nacidos de la población). Por tanto la duración de la generación refleja la tasa de renovación de los individuos reproductores de una población. Es mayor que la edad de la primera reproducción y menor que la edad del individuo reproductor más viejo, con excepción de los taxones que sólo se reproducen una vez. Cuando la duración de la generación cambia bajo amenazas, debe utilizarse el valor previo al problema, es decir la duración más natural.

REDUCCIÓN

Una reducción es una disminución en el número de individuos maduros de por lo menos la cantidad (%) definida por el criterio en el período de tiempo (años) especificado, aunque la disminución no continúe necesariamente después. Una reducción no debería interpretarse como parte de una fluctuación natural a menos que haya evidencia firme para ello. La fase descendente de una fluctuación natural normalmente no se considerará como reducción.

EXTENSIÓN DE PRESENCIA

La extensión de presencia es el área contenida dentro de los límites imaginarios continuos más cortos que pueden dibujarse para incluir todos los sitios conocidos, inferidos o proyectados en los que un taxón se encuentre presente, excepto los casos de vagabundeo (véase la Figura 2). Esta medida puede excluir a las discontinuidades o disyunciones en las distribuciones generales de los taxones (p. ej. grandes áreas de hábitat obviamente inadecuado) (aunque véase “Área de ocupación”, punto 10 abajo).

La extensión de presencia puede ser medida frecuentemente por un polígono convexo mínimo (el polígono de menor superficie que contenga todos los lugares de presencia, pero que ninguno de sus ángulos internos exceda los 180 grados).